

Sborník příspěvků



JUFOS
Junior Forensic Science Brno

**XIII. ROČNÍK ODBORNÉ KONFERENCE
DOKTORSKÉHO STUDIA**

Pořádaná Ústavem soudního inženýrství v Brně

Název: Sborník příspěvků konference Junior Forensic Science Brno 2021
Sestavili: Ing. et Ing. Daniel Kliment, Ing. David Brandejs, Ing. Martina Vařechová
Vydalo: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství,
Purkyňova 464/118, 612 00 Brno
Vyšlo: květen 2021
Vydání: první
ISBN: 978-80-214-5963-2

Tento sborník obsahuje všechny příspěvky konference, které byly autory včas dodány. Příspěvky byly recenzovány, neprošly jazykovou korekturou. V následujícím obsahu jsou v jednotlivých sekcích řazeny příspěvky abecedně, dle příjmení prvního autora.

OBSAH

Sekce: Analýza silničních nehod a oceňování motorových vozidel, strojů a zařízení

ANALÝZA REAKČNÍCH DOB NA ZÁKLADĚ MĚŘENÍ V REALNÉM SILNIČNÍM PROVOZU.....5

TOMÁŠ BILÍK

POROVNÁNÍ BRZDĚNÍ VOZIDLA NA LETNÍCH A ZIMNÍCH PNEUMATIKÁCH PŘI ZPOMALENÍ V PŘÍMÉM SMĚRU 13

DAVID JELÍNEK

POSOUZENÍ KRITičNOSTI AKTIV PROVOZU PRAŽSKÉHO METRA 22

TOMÁŠ KERTIS, DANA PROCHÁZKOVÁ

STANOVENÍ BEZPEČNÉ VZDÁLENOSTI ZA JÍZDY VOZIDEL.....32

JAROSLAV KRÁL

PROJEKTOVÁNÍ TECHNICKÝCH DĚL ZALOŽENÉ NA ŘÍZENÍ RIZIK40

DANA PROCHÁZKOVÁ

VNÍMÁNÍ RYCHLOSTI VOZIDLA CHODCI52

MARTIN RAK

NEHODOVOST TRAMVAJÍ S OSOBNÍMI AUTOMOBILY V PRAZE ZA ROKY 2016 AŽ 2018 60

JAKUB SEIDL

KONSTRUKČNÍ SKUPINY U VYBRANÝCH TVÁŘECÍCH STROJŮ..... 66

ROMAN ŠŮSTEK

IDENTIFIKACE RIZIKOVÝCH FAKTORŮ V SILNIČNÍ NÁKLADNÍ DOPRAVĚ 74

MICHAL URBÁNEK

VYUŽITÍ MATEMATICKO-STATISTICKÝCH METOD V ANALÝZE ZÁVISLOSTI PŘÍČIN DOPRAVNÍCH NEHOD NA VĚKU ŘIDIČŮ OSOBNÍCH VOZIDEL.....80

ALEŠ VRÁNA

Sekce: Stavebnictví a oceňování nemovitostí

ZJIŠŤOVÁNÍ PEVNOSTI DŘEVA POMOCÍ KUČEROVY VRTAČKY96

PAVEL ČERNÝ, ROMANA HALAMOVÁ

POJEDNÁNÍ KE STANOVENÍ OBVYKLÉHO NÁJEMNÉHO Z POZEMKU V ZEMĚDĚLSKÉM AREÁLU 100

MONIKA DOLEŽALOVÁ

VLIVY PŮSOBÍCÍ NA CENY STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ V DOBĚ PANDEMIE COVID-19..... 106

KARLA HÁVA

VLIV VLASTNOSTÍ VODNÍHO ULOŽENÍ NA VÝSLEDKY ZKOUŠEK ODOLNOSTI BETONU VŮČI CYKlickÉMU NAMÁHÁNÍ MRAZEM A CHEMICKÝM ROZMRAZOVACÍM LÁTKÁM..112

KRISTÝNA HRABOVÁ, JAKUB NIEDOBA

CENOTVORNÉ FAKTORY U RODINNÝCH DOMŮ S DŮRAZEM NA PRVKY UDRŽITELNÉ VÝSTAVBY 117

TEREZA JANDÁSKOVÁ TOMÁŠ HRDLIČKA

ATRAKTIVITA A VLIV SCĚNICKÉHO POHLEDU NA HODNOTU REZIDENČNÍ STAVBY..... 122

DANIEL KLIMENT

DOPADY PROTIPRÁVNÍHO ČINU NA CIVILNÍ LETIŠTĚ A ZPŮSOBY JEHO ZOHLEDNĚNÍ PŘI NÁVRHU STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ	127
ŠÁRKA KOŠŤÁLOVÁ	
GENTRIFIKACE	137
ING. SOFIE POKORNÁ	
VLIV VYBRANÝCH FAKTORŮ NA VÝŠI NÁJMU V ADMINISTRATIVNÍCH BUDOVÁCH.....	147
OLDŘICH POKORNÝ	
PŘÍKLAD SELHÁNÍ MOSTNÍ KONSTRUKCE.....	153
JAN PROCHÁZKA, DANA PROCHÁZKOVÁ	
VLIV POZEMKOVÝCH ÚPRAV VE VYBRANÝCH KATASTRÁLNÍCH ÚZEMÍCH JIHOMORAVSKÉHO KRAJE NA CENU ZEMĚDĚLSKÝCH POZEMKŮ	160
AUGUSTIN SADÍLEK	
BIG DATA JAKO NÁSTROJ PRO DETERMINACI TEMPORÁLNÍHO A PROSTOROVÉHO CHOVÁNÍ REALITNÍHO TRHU.....	173
ŠTĚPÁN SKOVAJSA	
VÝVOJ VÝSTAVBY REZIDENČNÍCH NEMOVITOSTÍ V LOKALITĚ BRNO – IVANOVICE V LETECH 2000–2021.....	181
MICHAELA TALPOVÁ	
KRITÉRIA PRO OCENĚNÍ NEMOVITÝCH KULTURNÍCH PAMÁTEK S REZIDENČNÍ FUNKCÍ	190
MARTINA VAŘECHOVÁ, DAVID BRANDEJS	

ANALÝZA REAKČNÍCH DOB NA ZÁKLADĚ MĚŘENÍ V REALNÉM SILNIČNÍM PROVOZU

REACTION TIME ANALYSIS ON THE BASIS OF MEASUREMENTS IN REGULAR ROAD TRAFFIC

Tomáš Bilík¹

Abstrakt

Tato práce se zabývá reakční dobou řidičů v podmínkách reálného silničního provozu. V rámci analýzy současného stavu poznání je uveden rozbor problematiky reakčních dob, zejména se jedná o různé definování pojmu reakční doba, členění na jednotlivé fáze, vymezení vybraných metod měření a poznatků z prací jiných autorů. Na základě analýzy současného stavu byl autorem této práce navržen a realizován experiment za účelem zjištění reakčních dob řidičů při různých dopravních situacích v podmínkách běžného silničního provozu. Data získána v průběhu experimentu byla vyhodnocena na základě různých dopravních situací a různých časových odstupů.

Abstract

This article deals with drivers' reaction times in regular road traffic. The theoretical part of this article focuses on reaction times, such as various definitions, structuring of reaction time, methods of measuring and publications made by other authors. The practical part of this article consists of the proposal and realization of experiments based on the analysis of the current state by the author of this article, with focus on drivers' reaction times in various situations in regular road traffic. Finally, the practical part presents the evaluation of gathered results regarding various traffic situations and time gaps between vehicles.

Klíčová slova

Reakční doba, časový odstup, eyetracking, jízdní zkouška, běžný silniční provoz

Keywords

Reaction time, headway, eyetracking, driving study, real road traffic

1. ÚVOD

Problematiku reakčních dob řidičů můžeme v souvislosti s dopravou nalézt v mnoha oblastech. Jednou z takových oblastí je například předcházení nehodám ve spojitosti s bezpečnými rozestupy mezi účastníky silničního provozu, v zahraničí známé pod pojmem „Tailgating“. Na rozdíl od jiných zemí Evropy naše právní úprava neobsahuje minimální požadavky na rozestup mezi vozidly, a spoléhá na výkladově nejednoznačné obecné ustanovení. Druhou oblastí, kde se typicky setkáváme s problematikou reakčních dob, je analýza dopravních nehod. Reakční doba je důležitým vstupním parametrem pro výpočet a rekonstrukci nehodového děje. Potřebou soudního inženýrství ve spojitosti s analýzou dopravních nehod je znalost všech prvků systému řidič – vozidlo, aby bylo možné komplexně popsat chování celého systému. Reakční doba řidiče motorového vozidla je jedním z významných prvků tohoto systému.

2. VLIV PROSTŘEDÍ NA REAKČNÍ DOBU ŘIDIČE

V základním dělení můžeme vlivy rozdělit na vnitřní a vnější (z pohledu vozidla). Jako vlivy vnitřní označujeme vše, co na řidiče působí zevnitř vozidla. Jedná se zejména o složitost ovládacích prvků vozu, jejich vhodné rozmístění ve vozidle a množství informací, které řidiči poskytují. Zde je vhodné podotknout, že mnohé moderní vymoženosti (například velké palubní displeje) spíše odvádí pozornost řidiče od řízení. Místo správného množství informací, které by řidič mohl přeměnit v jakýsi náhled na dopravní situaci, se řidič spíše dostává do informační zátěže, a proto „méně může někdy znamenat více.“ Mezi ovládání vnitřních komponent vozidla, jako je rádio, nebo navigační systém, můžeme přiřadit i mobilní telefon. O negativním vlivu mobilních telefonů na reakční schopnosti řidičů bylo publikováno mnoho prací, jednou z dřívějších prací, která se touto problematikou zabývá je například Wojczyk [1]. Ve své práci uvádí, že používání mobilního telefonu prodlužuje reakční dobu řidiče až o 40 %. Vedle ovládání komponent, jako rádio či navigace, jsou dalšími vnitřními rušivými elementy konzumace potravin řidičem, nebo kouření.

¹ Tomáš Bilík, Ing., Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Purkyňova 464/118, 612 00 Brno, e-mail: 214017@usi.vutbr.cz

Uvádí se, že řidiči stráví až 30 % doby řízení vozidla provozováním různých potenciálně rušivých aktivit. Velmi významným rušivým vnitřním vlivem jsou ostatní členové posádky. Zejména děti, nebo domácí zvířata mohou značně ovlivnit koncentraci řidiče a tím i násobně zvýšit riziko vzniku dopravní nehody [2].

Vnějšími vlivy můžeme analogicky k výše uvedenému označit cokoliv, co působí na řidiče zvenčí vozidla a může odvádět jeho pozornost od řízení. Typickými příklady vnějších vlivů jsou počasí, různé dopravní značení a infrastruktura, ostatní účastníci provozu, nebo reklamní plochy v okolí komunikací [2].

2.1 Definování reakční doby a členění na jednotlivé fáze

Obecnou definici reakční doby uvádí například profesor Bradáč v publikaci Soudní inženýrství takto: „*Reakční dobou ze soudně inženýrského hlediska nazýváme čas od vjemu do uvedení zařízení v činnost naučeným způsobem. V neobvyklých situacích, bez naučeného způsobu, bude potřebná doba individuálně delší*“ [3].

Hranice časového úseku		Název časového úseku	
1	Počátek optického vnímání nebezpečného objektu	optická reakce	reakční doba řidiče
2	Počátek ostrého optického vnímání objektu	psychická reakce	
3	Začátek svalové reakce	svalová reakce	
4	Dotyk brzdového pedálu	prodleva brzd	odezva vozidla
5	První dotyk třecích ploch brzd	náběh brzd	
6	Začátek zanechávání stop pneumatik na vozovce		

Obr. 1 Dělení reakční doby dle subsystému řidič + vozidlo [3]

Pro účely tohoto článku stačí obecné vymezení reakční doby řidiče, detailnější rozbor této problematiky uvádí autor zde [4]. Následující část článku pojednává převážně o realizovaném měření reakčních dob řidičů a výsledcích těchto měření.

3. MĚŘENÍ REAKČNÍCH DOB

3.1 Metoda realizace měření

Rozeznáváme dva základní způsoby měření reakčních dob. Prvním způsobem je simulované prostředí na speciálních jízdních simulátorech. Druhým způsobem je metoda realizace měření pomocí jízdních zkoušek na zkušební dráze, nebo v podmínkách běžného silničního provozu. Vzhledem k možným odlišnostem mezi výsledky z jízdních simulátorů a jízdních zkoušek, byla pro experimentální měření zvolena metoda jízdních zkoušek v podmínkách běžného silničního provozu. Hlavní výhody takového způsobu měření jsou v autentičnosti prostředí a přirozenosti reagování na vzniklé dopravní situace. Při jízdních zkouškách byly některé reakční podněty vyvolány uměle.

3.2 Trasa měření

Pro účely jízdní zkoušky byla zvolena trasa v okolí Brněnského městského centra. Trasa měla délku přibližně 22 km a vedla převážně přes městskou část Královo pole. Trasa byla koncipována jako okruh, který začínal a končil v areálu Ústavu soudního inženýrství v Brně, kde docházelo ke střídání probandů a kalibrování eyetrackeru. V rámci sestavování návrhu trasy, bylo vytipováno přes 40 míst (křižovatky, přechody pro chodce, místa pro přecházení, zpomalovací prahy apod.), na kterých bylo možné s vysokou pravděpodobností očekávat vznik situací, které vyžadují reakci řidiče. V rámci prostudování jiných experimentů např. [5], bylo přistoupeno k částečně cílenému vyvolání reakčních podnětů na vybraných úsecích trasy.

Při návrhu trasy bylo rovněž snahou začlenit úseky s různou intenzitou dopravy a maximální povolenou rychlostí. Před samotnou jízdou byli probandi instruováni o ovládání vozidla a podmínkách jízdní zkoušky. V rámci měření nebylo s probandy komunikováno, aby nedocházelo k ovlivnění, navádění na trase bylo zajištěno navigačním systémem testovacího vozidla. Ohledně cíleně vyvolaných reakcí a přesném účelu jízdní zkoušky nebyli probandi nikterak informováni.

První část trasy vedla k obchodnímu centru Globus, kdy byl ponechán prostor řidičům pro navyknutí na testovací vozidlo. Druhý úsek vedl k nákupnímu centru Královo pole po komunikaci č. 43 Hradecká. Na tomto úseku docházelo k cílenému vyvolání reakce, předjetím vozidla Volkswagen Caravelle před testovací vozidlo a vytvořením reakčního podnětu brzděním. Třetí úsek trasy vedl starou zástavbou (charakteristickým znakem tohoto prostředí byly úzké ulice a množství po stranách zaparkovaných vozidel) v okolí Slovanského náměstí. V tomto úseku docházelo k cílenému vyvolání reakcí vozidlem Škoda Superb, které v příhodných místech předstíralo snahu o zaparkování, nebo naopak vjíždělo z podélných parkovacích stání do koridoru testovacího vozidla.

3.3 Měřicí technika

K realizaci měření a sběru dat byly nezbytné tyto měřicí přístroje a pomůcky:

- testovací vozidlo BMW 530d xDrive Touring;
- zařízení pro sledování pohybu očí a pohledu řidiče Eyetracker Dikablis Glasses 3;
- zařízení pro sběr dat VTK;
- software D-Lab od společnosti Ergoneers pro synchronní záznam a analýzu naměřených dat;
- externí kamera pro snímání pedálového prostoru vozidla;
- další vozidla pro cílené vyvolání dopravních situací;
- mobilní aplikace se sdílením polohy pro kontrolu vozidel na trase.

Jako testovací vozidlo bylo využito vozidlo BMW 530d xDrive Touring s automatickou převodovkou a pohonem všech kol (dále jen testovací vozidlo), které je na Ústavu soudního inženýrství dostupné od roku 2018 pro studijní účely. Testovací vozidlo je vybaveno množstvím asistenčních a bezpečnostních prvků, například adaptivní tempomat, hlídání mrtvého úhlu, sledování jízdních pruhů vč. možnosti částečně autonomní jízdy, noční vidění, head up display a další.

Pro sledování pohybu očí řidiče byl použit Eyetracker Dikablis Glasses od společnosti Ergoneers. Toto zařízení se sestává ze 3 kamer. Dvě kamery snímají oči řidiče, jedna kamera snímá dopředný pohled řidiče. Ve spolupráci se zařízením VKT umožňuje Eyetracker synchronní záznam všech požadovaných dat. Vzhledem k technickým omezením použitého eyetrackeru byli vybíráni probandi bez zrakových vad/ brýlí, aby nedocházelo ke ztrátám dat při měření.

Zařízení VTK od společnosti Ergoneers je v testovacím vozidle připojeno na sběrnici CAN. Dále umožňuje připojení dalších externích zařízení (kamery, mikrofony, systém GPS apod.). Pro účely této DP byl prostřednictvím VKT měřen a zaznamenáván směr pohledu řidiče pomocí eyetrackeru, poloha a pohyb dolních končetin akceleračního a brzdového pedálu pomocí kamery v pedálovém prostoru a dále vybraná jízdní a vozidlová data ze sběrnice CAN a senzoru Mobileye (rychlost, časový odstup od vepředu jedoucího vozidla, poloha, informace o aktivaci brzd).

3.4 Definování měřených reakčních dob

Základem pro definování měřených reakčních dob byla práce autorů Stanczyk; Jurecki a kol. [6]. Na základě toho byly pro vyhodnocení dat naměřených v rámci této práce vymezeny následující reakční doby:

- **Psychomotorická reakční doba** u brzdění, definovaná jako doba od okamžiku vynoření překážky k prvnímu tlaku na brzdový pedál. Následně označovaná jako „*reakční doba brzdění*“;
- **Mentální reakční doba brzdění**, definovaná jako doba od okamžiku vynoření překážky až k počátku pohybu nohy z akceleračního pedálu. Následně označovaná jako „*reakční doba akceleračního pedálu*“;
- **Zahajovací reakční doba při brzdění**, definovaná jako doba od uvolnění akceleračního pedálu až po první tlak na brzdový pedál. Následně označovaná jako „*doba přemístění*“;
- **Psychomotorická reakční doba při řízení**, definovaná jako doba od okamžiku vynoření překážky až po první tlak na volant. Následně označovaná jako „*reakční doba řízení*“.

3.4.1 Definování počátku reakce z hlediska měření

Jako počátek reakční doby byl stanoven okamžik rozsvícení brzdových světel vepředu jedoucího vozidla, žlutého světla na světelném signalizačním zařízení či vstup objektu do koridoru vozidla, a to ve vztahu k situaci odehrávající se v rámci zorného pole řidiče. V případech s vyskytující se fází optické reakce, je za počátek reakce považováno započítání přemístění pohledu z oblasti ostrého vidění z předem sledované oblasti/objektu na reakční podnět.

3.4.2 Definování konce reakce z hlediska měření

Konec reakční doby souvisí s konkrétním typem reakce. Ukončení sledované reakční doby je dáno uvolněním akceleračního pedálu, přemístění nohy mezi pedály, aktivaci brzdového pedálu, nebo započítáním vyhýbacího manévru natočením volantu.

Z hlediska jednotlivých složek se u těchto reakčních dob uvažuje zejména o fázích: optická reakce, psychické reakce, svalové reakce a prodleva brzd.

3.4.3 Definování některých pojmů

- *Optická reakce* – pro účely této práce se pojmem optická reakce rozumí doba přemístění ostrého pole vidění testované osoby mezi fixací na reakční podnět a předešlou fixací.
- *Psychická reakce* – pro účely této práce se psychickou reakcí rozumí interval od počátku fixace ostrého vidění na reakční podnět, nebo od okamžiku, kdy je objekt pro řidiče poprvé viditelný. Interval končí počátkem vyvolání tělesné aktivity (přesouvání dolní končetiny, natočení volantu).
- *Doba aktivace brzd* – pro účely této práce se pojmem doba aktivace rozumí „doba sešlápnutí brzdového pedálu“. Počátek doby je stanoven na dotyk brzdového pedálu. Konec doby je určen aktivací brzd.
- *Celková doba reakce uvolněním akceleračního pedálu* – pro účely této práce se celkovou dobou reakce rozumí interval od počátku přesouvání oblastí ostrého vidění na reakční podnět, nebo od okamžiku, kdy je objekt pro řidiče poprvé viditelný. Interval končí počátkem uvolňování akceleračního pedálu.
- *Celková doba reakce brzděním* – pro účely této práce se celkovou dobou reakce rozumí interval od počátku přesouvání oblastí ostrého vidění na reakční podnět, nebo od okamžiku, kdy je objekt pro řidiče poprvé viditelný. Interval končí dotykem brzdového pedálu.
- *Celková doba reakce řízením* – pro účely této práce se celkovou dobou reakce myslí interval od počátku přesouvání oblastí ostrého vidění na reakční podnět, nebo od okamžiku, kdy je objekt pro řidiče poprvé viditelný. Interval končí vyvinutím prvního tlaku na věnec volantu.
- *Doba přemístění* – pro účely této práce se dobou přemístění rozumí interval od počátku uvolňování jednoho pedálu po dotyk pedálu druhého.

3.5 Vymezení reakčních podnětů

K měření reakčních dob byly vymezeny optické a složené podněty, s využitím členění na 6 různých kategorií dle Americké asociace státních úřadů pro dopravu vyčlenit tyto kategorie podnětů [7]:

1. osvětlené objekty, zvukové podněty;
2. vstup/vjezd objektu do jízdního koridoru vozidla;
3. chodci, jízdní kola, překážky na silnici;
4. vepředu jedoucí vozidla;
5. řízení dopravy (světelná signalizace);
6. celková reakční doba.

Nashromážděná data byla tříděna na základě stejných kategorií. Na tyto podněty mohli probandí reagovat čtyřmi různými způsoby:

1. uvolněním akceleračního pedálu;
2. brzděním (měřeno na základě informací o aktivaci brzd z hlediska dat vozidla);
3. vyhýbáním (měřeno od prvního vyvinutí tlaku na věnec volantu);
4. kombinací uvedeného.

Aktivace brzd byla vyhodnocena jako informační hodnota z dat vozidla v programu D-Lab.

3.6 Probandi

Informace o probandech byly vyhodnoceny na základě dotazníku, který byl vyplněn vždy před počátkem jízdní zkoušky. Z tabulky výše plyne, že jízdních zkoušek se zúčastnilo celkem 11 řidičů s věkovým rozmezím 23 až 30 let. Porovnáním délky držení řidičského oprávnění a průměrného ročního nájezdů kilometrů lze předpokládat, že se nejedná o řidiče začátečníky. Vzhledem k relativně nízkému věku probandů se nabízí srovnání s rizikovou skupinou mladých řidičů. Tato kategorie je však obecně chápána do věkové hranice 25 let (odpovídá pouze pro 2 probandy), tudíž takové srovnání nebude v rámci analýzy výsledků zahrnuto. Z hlediska dalších zjištěných okolností s možným dopadem na reakce řidiče je zajímavým poznatkem, že 5 z 11 probandů mělo zkušenost s dopravní nehodou. Dalším dotazováním bylo zjištěno, že se jednalo o lehké až středně závažné dopravní nehody, nikoli pouze o škodní události v nízkých rychlostech typicky z prostředí parkovišť apod.

Žádný z probandů netrpěl zrakovou vadou ani jiným postižením. Pouze jeden z probandů měl profesní průkaz řidiče. U dvou probandů byly pozorovány známky zvýšené soustředěnosti a obezřetnosti v rámci jízdní zkoušky, které mohly být zapříčiněny nezvykem na testovací vozidlo, případně celkovými zkušenostmi s řízením motorových vozidel. Po projetí trasy byl každý proband dotazován, zda pojal podezření z hlediska možného identifikování doprovodných vozidel a následného očekávání a připravenosti na nezvyklé chování. V tomto ohledu odpověděl pozitivně pouze jeden z probandů, přičemž na toto jednání bral zřetel až v posledních úsecích trasy. Zmíněné okolnosti byly zohledněny v rámci vyhodnocování dat.

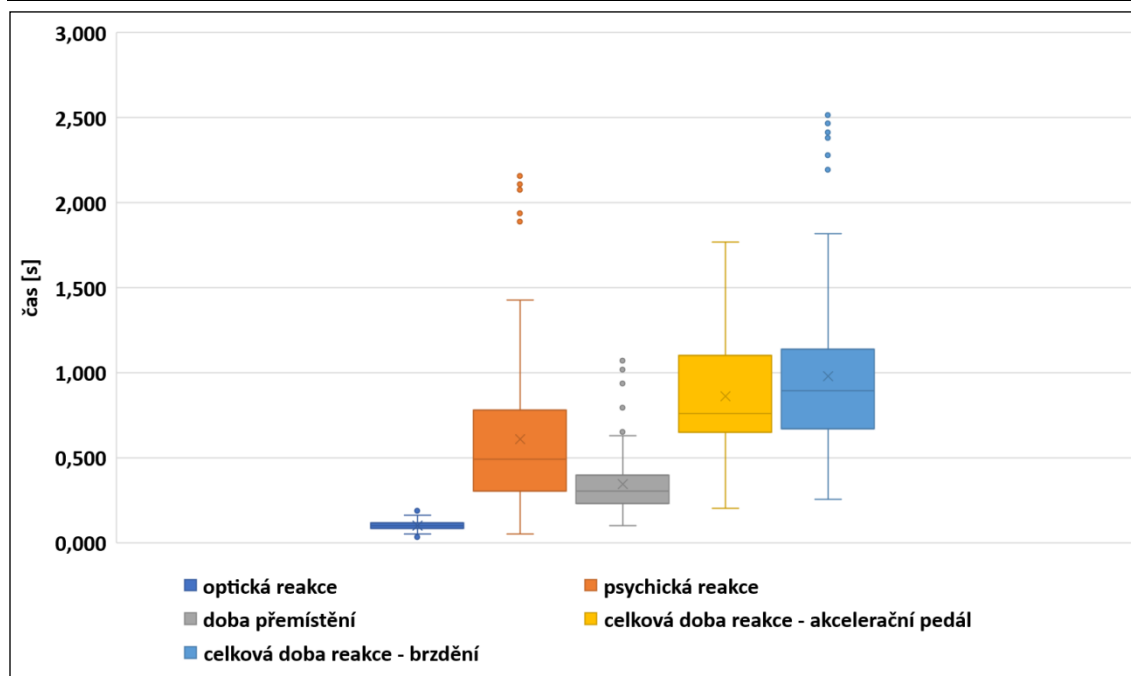
4. ANALÝZA NAMĚŘENÝCH DAT A ZJIŠTĚNÝCH SKUTEČNOSTÍ

Vyhodnocení naměřených dat na základě metodiky bylo popsáno v kapitolách výše. Pro srovnávání reakčních dob řidičů byla zvolena forma členění reakčních podnětů dle různých dopravních situací, dále pak členění na základě různých časových odstupů mezi vozidly. Možnost srovnání řidičů v závislosti na zkušenostech s účastí na dopravní nehodě, resp. nehodách, vzešla na základě vyhodnocení informací o probandech z dotazníku.

4.1 Zjištěné hodnoty celkový přehled

Tab. 1 Zjištěné hodnoty, celkový přehled [4]

	optická reakce [s]	psychická reakce [s]	doba přemístění [s]	celková doba reakce – akcelerační pedál [s]	celková doba reakce – brzdění [s]
minimum	0,03	0,05	0,10	0,20	0,25
první kvartil	0,09	0,31	0,23	0,65	0,67
medián	0,10	0,49	0,31	0,76	0,89
průměr	0,10	0,61	0,34	0,86	0,98
třetí kvartil	0,12	0,78	0,40	1,10	1,14
maximum	0,19	2,16	1,07	1,77	2,52



Graf 1 Zjištěné hodnoty, celkový přehled [4]

Z celkového souboru 132 hodnot byly vyhodnoceny tyto výsledky. Optická fáze reakce byla zjištěna ve 33 případech se střední hodnotou 100 ms. Psychická fáze reakce byla zjištěna se střední hodnotou 490 ms. Doba přemístění mezi pedály byla analyzována z případů, kdy řidič reagoval brzděním, nebo reakcí na oranžové světlo světelné signalizace při rychlých rozjezdech na křižovatkách (pokud stál řidič před rozjezdem na brzdovém pedálu). Celkem bylo zjištěno 117 hodnot se střední hodnotou 310 ms.

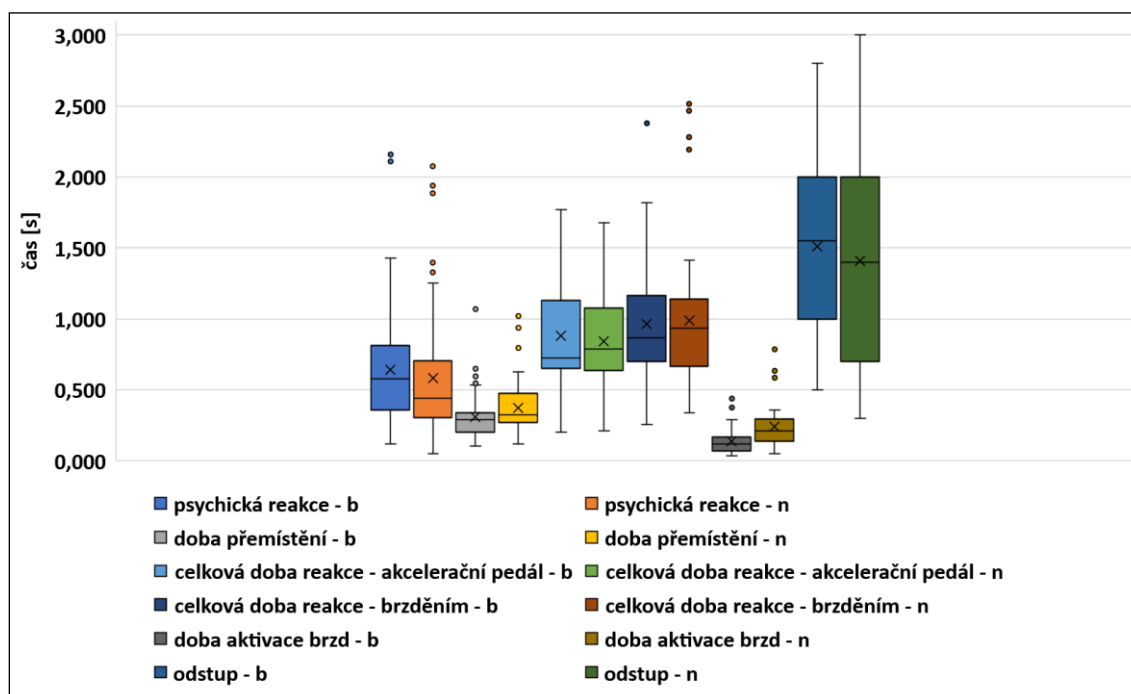
Celková doba reakce brzděním byla naměřena celkem v 89 (68 %) případech s mediánem 890 ms. Celková doba reakce uvolněním akceleračního pedálu byla zaznamenána v 42 případech s mediánem 760 ms, tato střední hodnota doby reakce je o 15 % menší než u reakce brzděním. Zjištěný rozdíl není markantní, je však třeba zdůraznit, že pouhým uvolněním akceleračního pedálu reagují řidiči v méně kritických situacích, tudíž si mohou dovolit reagovat pomaleji. Reakční doba řízením byla v celém souboru hodnot zaznamenána pouze jednou, v situaci, kdy vepředu jedoucí vozidlo náhle započalo parkovací manévř (zjištěná hodnota doby reakce řízením 930 ms).

4.2 Srovnání řidičů na základě zkušeností s dopravní nehodou

V tabulce a grafu níže jsou srovnány souhrnné hodnoty měření mezi řidiči, kteří již měli zkušenost s dopravní nehodou (hodnoty označeny „b“) a mezi řidiči, kteří takovou zkušenost nemají (hodnoty označeny „n“). Z testovaných 11 řidičů mělo 5 probandů řidičskou zkušenost s dopravní nehodou.

Tab. 2 Zjištěné hodnoty, porovnání řidičů na základě zkušenosti s dopravní nehodou [4]

	optická reakce – b [s]	optická reakce – n [s]	psychická reakce – b [s]	psychická reakce – n [s]	doba přemístění – b [s]	doba přemístění – n [s]	CDR – akcelerační pedál – b [s]	CDR – akcelerační pedál – n [s]	CDR – brzděním – b [s]	CDR – brzděním – n [s]	doba aktivace brzd – b [s]	doba aktivace brzd – n [s]	časový odstup – b [s]	časový odstup – n [s]
minimum	0,05	0,03	0,12	0,05	0,10	0,12	0,20	0,21	0,25	0,34	0,03	0,05	0,50	0,30
první kvartil	0,07	0,10	0,36	0,30	0,20	0,27	0,65	0,64	0,70	0,67	0,07	0,14	1,00	0,70
medián	0,09	0,12	0,58	0,44	0,29	0,32	0,72	0,79	0,87	0,94	0,12	0,21	1,55	1,40
průměr	0,09	0,11	0,64	0,58	0,31	0,37	0,88	0,84	0,97	0,99	0,14	0,24	1,51	1,41
třetí kvartil	0,11	0,13	0,81	0,71	0,34	0,48	1,13	1,08	1,16	1,14	0,17	0,30	2,00	2,00
maximum	0,13	0,19	2,16	2,11	1,07	1,02	1,77	1,68	2,41	2,52	0,44	0,79	2,80	3,00



Graf 2 Zjištěné hodnoty, porovnání řidičů na základě zkušenosti s dopravní nehodou [4]

Na Graf 2 výše jsou znázorněny dvojice hodnot (levá pro řidiče, kteří mají zkušenost s dopravní nehodou a pravá pro ty co takovou zkušenost nemají) porovnávající sledované veličiny u řidičů, kteří mají, nebo nemají zkušenosti s dopravní nehodou. Z uvedených hodnot je zřejmé, že řidiči, kteří již v minulosti měli účast na dopravní nehodě, přičemž řídili vozidlo, reagují prakticky ve všech ohledech, kromě psychické složky, rychleji oproti ostatním

řidičům. Příčina je zdá se v podvědomí řidičů a zvýšená opatrnost vychází ze získaných zkušeností. Jediné dvě komponenty, kdy řidiči bez zkušeností s dopravní nehodou dosahovali nižších středních hodnot, byly optické fáze reakce a časový odstup mezi vozidly. Porovnáním časového odstupu mezi vozidly lze potvrdit předpoklad bezpečnějšího chování u řidičů se zkušeností s dopravní nehodou, jelikož větší střední a průměrné hodnoty, stejně jako větší hodnoty v dolním kvartilu se vyskytují u řidičů se zkušeností s dopravní nehodou.

Procentuální rozdíly v hodnotách jsou následující:

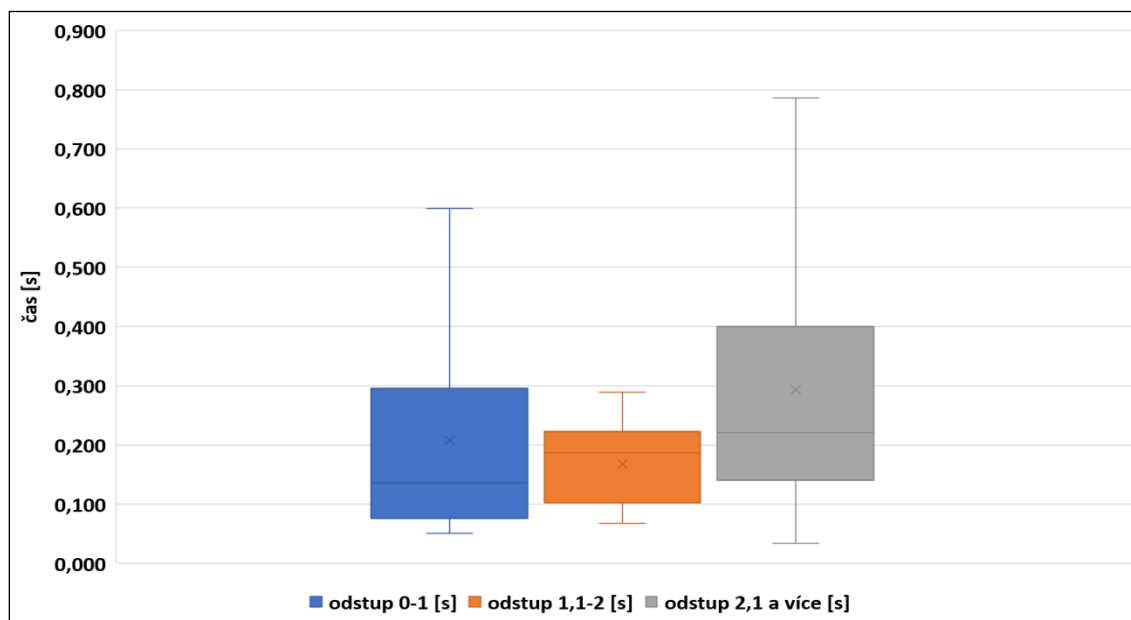
- optická reakce „n“ je o 33 % větší než „b“;
- psychická reakce „b“ je o 32 % větší než „n“;
- doba přemístění „n“ je o 10 % větší než „b“;
- celková doba reakce uvolněním akceleračního pedálu „n“ je o 10 % větší než „b“;
- celková doba reakce brzděním „n“ je o 8 % větší než „b“;
- doba aktivace brzd „n“ je o 75 % větší než „b“;
- časový odstup „b“ je o 11 % větší než „n“.

4.3 Hodnocení reakčních podnětů z hlediska intenzity nebezpečí

Během vyhodnocení naměřených dat, byla zjištěna zajímavá závislost mezi parametrem aktivace brzd a různými typy reakčních podnětů, případně časových odstupů mezi vozidly.

Tab. 3 Zjištěné hodnoty, porovnání parametru doba aktivace brzd pro kat. vepředu jedoucí vozidla, různé časové odstupy [4]

Doba aktivace brzd pro časové odstupy	časový odstup 0-1 [s]	časový odstup 1,1-2 [s]	časový odstup 2,1 a více [s]
minimum	0,05	0,07	0,03
první kvartil	0,08	0,10	0,15
medián	0,14	0,19	0,22
průměr	0,21	0,17	0,29
třetí kvartil	0,30	0,22	0,40
maximum	0,60	0,30	0,79



Graf 3 Zjištěné hodnoty, porovnání parametru doba aktivace brzd pro kat. vepředu jedoucí vozidla, různé časové odstupy [4]

Porovnáním hodnot mediánů lze vyzorovat závislost mezi velikostí časového odstupu, případně druhem reakčního podnětu a rychlostí odezvy řidiče v podobě „doby aktivace brzd“. Tento termín neodpovídá učebnicovému pojetí náběhu brzd a pro účely této práce je blíže vymezen v kapitole výše. Analýzou grafů bylo zjištěno, že řidiči na různé dopravní situace reagují různě z pohledu náběhu brzd. Obdobné závěry bylo možné vyvodit i z obr. výše, kde

s rostoucím časovým odstupem mezi vozidly roste i střední hodnota parametru náběh brzd (konkrétně se jedná o nárůst hodnot o 38 % a 62 % vůči hodnotám odstupe 0 až 1 s). Detailnější výzkum této hypotézy by mohl být přínosný pro problematiku hodnocení reakčních podnětů řidičů, kterou se v minulosti zabývali například autoři Olson, Zomotor (rozlišování reakčních podnětů na slabý, silný, očekávaný, neočekávaný apod.).

5. ZÁVĚR

Na základě provedené analýzy současného stavu bylo navrženo a realizováno měření reakčních dob řidičů v podmínkách běžného silničního provozu. K tomuto účelu byla zvolena metoda jízdní zkoušky v reálném provozu trasa v okolí centra Brna. Účelem jízdní zkoušky bylo získat data o reakčních dobách řidičů z různých dopravních situací. Vzhledem k omezené době na realizaci měření byla zvolena metoda částečně cíleného vyvolávání reakčních podnětů využitím doprovodných vozidel na vybraných úsecích trasy. Výsledkem bylo v průměru přes deset naměřených reakčních podnětů na jednoho probanda.

Při vyhodnocení naměřených dat byly zjištěny rozdíly v reakcích řidičů v různých dopravních situacích. Pro jednotlivé kategorie byly zjištěny následující střední hodnoty celkové doby reakce:

- vstup / vjezd objektu do jízdního koridoru vozidla: o celková doba reakce uvolněním akceleračního pedálu – 0,71 sekund;
- celková doba reakce brzděním – 0,70 sekund;
- chodci, jízdní kola, jiné překážky: o celková doba reakce uvolněním akceleračního pedálu – 0,56 sekund;
- celková doba reakce brzděním – 0,67 sekund;
- vepředu jedoucí vozidla: o celková doba reakce uvolněním akceleračního pedálu – 0,78 sekund;
- celková doba reakce brzděním – 0,99 sekund;
- řízení dopravy, světelná signalizace: o celková doba reakce uvolněním akceleračního pedálu – 0,29 sekund;
- celková doba reakce brzděním – 0,90 sekund.

Pro účely měření byla použita kamera snímající pedálový prostor řidičů. V souvislosti s tím byly při vyhodnocování dat zjištěny potenciálně významné závislosti při srovnávání dat o dobách přesunu nohy řidiče mezi pedály a aktivaci brzdového pedálu. Porovnáním těchto hodnot v rámci různých kategorií a zkušeností řidičů byly zjištěny patrné rozdíly. Využití těchto parametrů by mohlo sloužit k hodnocení reakčních podnětů z hlediska intenzity a nebezpečnosti pro řidiče (současné metody staví na bázi dotazování). Možnosti nového hodnocení reakčních podnětů a rozdílné chování řidičů na základě zkušenosti s účastí na dopravní nehodě bylo doporučeno jako vhodné pro další výzkum.

Literatura

- [1] Wojczyk, K.: *Telefony komórkove w samochodach a bezpieczenstwo ruchu*, Paragraf na drodze (2004), nr.2.
- [2] Seriš, Jozef. *Vnímání řidiče v různých podmínkách*. Brno, 2019. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/112359>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Odbor znalectví ve strojírenství, analýza dopravních nehod a oceňování motorových vozidel. Vedoucí práce Kateřina Bucsuházy.
- [3] BRADÁČ, Albert a kol. *Soudní inženýrství*. Brno: CERM Akademické nakladatelství, s.r.o.. 1999. 725 s. ISBN 80-7204-133-9
- [4] BILÍK, Tomáš. *Analýza reakčních dob na základě měření v reálném silničním provozu*. Brno, 2020. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/120251>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Odbor znalectví ve strojírenství, analýza dopravních nehod a oceňování motorových vozidel. Vedoucí práce Michal Belák.
- [5] Smiley, Alison a Gerson J. Alexander. *Human factors in traffic safety*. Third edition. Tucson, Arizona: Lawyers & Judges Publishing Company, (2016). ISBN 9781933264882.
- [6] Stanczyk, T. L. a kolektiv. *Výzkum reakcí řidiče na zprava přijíždějící vozidlo*. 19. výroční konference EVU: Praha (2010): sborník příspěvků. ISBN 978-80-7399-128-9
- [7] American Association of State Highway and Transportation Officials. *A policy on the geometric design of highways and streets Washington, D.C.* (2001).

Recenzoval

Martin Bilík, Ing. et Ing. Bc, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, odborný asistent, Purkyňova 464/118, 612 00 Brno, e-mail:martin.bilik@vut.cz

POROVNÁNÍ BRZDĚNÍ VOZIDLA NA LETNÍCH A ZIMNÍCH PNEUMATIKÁCH PŘI ZPOMALENÍ V PŘÍMÉM SMĚRU

COMPARASION OF BREAKING VEHICLE WITH SUMMER AND WINTER TIRES DURING BRAKING IN A STRAIGHT LINE

David Jelínek¹

Abstrakt

Tento příspěvek je zaměřen na zkoušky brzdné dráhy v přímém směru u vozidla Škoda Octavia bez ABS se zimními i letními pneumatikami. Při zkouškách byly kromě variant s rozdílným druhem pneumatik testovány i situace, při kterých docházelo k odvalování a smýkání pneumatik, současně byl sledován i vznik dokumentovatelných zanechaných stop v závislosti na hodnotách zpomalení vozidla. Pro porovnání byl zvolen parametr střední hodnoty plného brzdného zpomalení (MFDD) a z něj byla vypočtena brzdná dráha. Dále jsou v příspěvku porovnána různá měřicí zařízení, která fungují na rozdílných principech získávání dat.

Abstract

This paper is focused on the tests of the straight-line braking distance of a vehicle Škoda Octavia without ABS with winter and summer tires. The test also compares situations in which the tires have been rolling and slipping. At the same time, the occurrence of documentable tire tracks depending on the deceleration values of the vehicle was monitored. The mean fully developed deceleration parameter (MFDD) was chosen for comparison and then this parameter was used for calculation braking distance. Furthermore, the paper compares different measuring devices that operate on different principles of data measurement.

Klíčová slova

Brzdná dráha; skluz pneumatik; MFDD; Škoda Octavia 1; XL Meter; Racelogic VBOX HD2

Keywords

Breaking distance; tire slip; MFDD; Škoda Octavia 1; XL meter; Racelogic VBOX HD2

1. ÚVOD A CÍL MĚŘENÍ

S ohledem na skutečnost, že spousta řidičů a majitelů vozidel stále využívá k „dojetí“ zimních pneumatik v letních měsících, je vhodné připomenout, že jízdní vlastnosti vozidla se v takovémto případě mohou značně zhoršit. Pro měření bylo vybráno zkušební nejjednodušší testování, a to prudké zastavení vozidla jedoucím v přímém směru z rychlosti 50 km/h. Zároveň byla nastíněna modelová situace, využívající starší vozidlo, které je v ČR stále velice rozšířené s opotřebenými pneumatikami, které v zimní sezóně již stěží splňují zákonem danou hloubku dezénu, ale jejich stav je stále ještě provozuschopný a cílem bylo tyto situace porovnat.

2. POPIS MĚŘENÍ

Měření brzdné dráhy a pomalení z rychlosti cca 50 km/h do zastavení vozidla při jízdě v přímém směru bylo provedeno dne 24.4.2021 v areálu firmy Jerex, a.s. Toto místo bylo zvoleno jak z důvodu dostupnosti, tak i z důvodu nízké úrovně stínění, které by mohlo ovlivňovat kvalitu naměřených dat z GPS. Měření bylo prováděno na suché asfaltové vozovce při venkovní teplotě 15 °C. Dá se tedy předpokládat, že součinitel adheze se bude pohybovat v rozmezí 0,55 až 0,8. Pro testování byly zvoleny celkem čtyři varianty, přičemž každá varianta byla 4x měřena a následně byl vybrán reprezentativní vzorek. Varianty byly: [1,2]

- Zimní pneumatiky bez skluzu
- Zimní pneumatiky se skluzem
- Letní pneumatiky bez skluzu
- Letní pneumatiky se skluzem

Brzdění se skluzem bylo docíleno vyvoláním maximální možné síly na brzdový pedál v okamžiku ustálení rychlosti na požadovanou hodnotu, což simuluje intuitivní krizové brzdění. V případě, kdy mělo docházet k odvalování pneumatik po celou dobu brzdění, bylo působení síly na brzdový pedál, obzvláště v čase náběhu brzd (počátku brzdění),

¹ Ing. David Jelínek, VUT, ÚSI, Purkyňova 464/118, Medlánky, 61200, Brno, Česká republika, 171904@vutbr.cz

pozvolnější, což je patrné na grafech 1 a 3 uvedených níže. Pro dosažení čtyř obdobných hodnot, ze kterých by bylo možné vybrat reprezentativní vzorek, muselo být měření opakováno vícekrát.



Obr. 1 Povrch vozovky



Obr. 2 DOT kód letních pneumatik

2.1 Popis zkušebního vozidla

Vozidlo, na kterém bylo prováděno měření je Škoda Octavia Combi 1. generace, vyrobené v roce 1998. Pohonná jednotka tohoto vozidla je o objemu 1,6l s výkonem až 74kW. Pohotovostní hmotnost vozidla dle technického průkazu je 1 325 kg. Vozidlo je vybaveno kotoučovými brzdami na přední nápravě a bubnovými brzdami na nápravě zadní. Ačkoli je vozidlo továrně vybaveno ABS, na tomto konkrétním vozidle je ABS z důvodu poruchy pravého předního snímače nefunkční. Na vozidle byla namontována kola se zimními i letními pneumatikami od firmy Barum s rozměrem 195/65 R15. Stáří pneumatik, jak zimních, tak i letních, bylo dle DOT kódu stanoveno na cca 5 let, vizte obrázek 2. Na každé pneumatice byla čtyřikrát měřena hloubka hlavní dezénové drážky a následně zprůměrována, vizte tabulku 1. Dále jsou uvedeny fotografie zkušebního vozidla.

Tab. 1 Hloubka hlavní dezénové drážky

Umístění	Zimní pneumatiky				Letní pneumatiky			
	LP [mm]	PP [mm]	LZ [mm]	PZ [mm]	LP [mm]	PP [mm]	LZ [mm]	PZ [mm]
Měření 1	6,4	5,9	4,3	4,2	5,5	5	3,2	3,6
Měření 2	6,1	5,9	4,3	4,1	5,4	5,4	3,1	3,2
Měření 3	6,2	6	4	4,1	5,3	5,4	3,1	3,2
Měření 4	6,5	6,1	4,2	3,9	5,5	5,7	2,9	3,3
Průměr	6,3	5,975	4,2	4,075	5,425	5,375	3,075	3,325



Obr. 3 Zkušební vozidlo

2.2 Popis měřicích zařízení

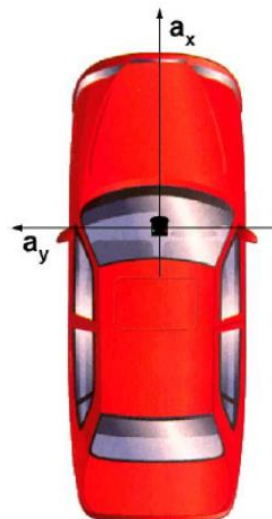
Pro srovnání byla využita měřicí zařízení **XL Meter**, využívající akcelerometry, a **Racelogic Vbox video HD2**, které funguje na základě snímání polohy v čase pomocí GPS s možností videozáznamu. Pro pořízení dalšího video záznamu byly navíc využity i dvě navzájem propojené kamery **Garmin Virb Ultra 30 Power**.

2.2.1 XL Meter

Zařízení XL Meter je bateriově napájený přístroj s LCD displejem určený k měření zrychlení ve dvou osách. Měřicí přístroj zaznamenává zrychlení se vzorkovací frekvencí až 200 Hz a na interní uložště je ukládán záznam z posledních 40ti sekund spuštěného měření. Zároveň je schopen uložit data z až 8 různých měřicích procesů. Na obrázku 5 je znázorněno optimální uložení měřicího přístroje ve vozidle (uprostřed čelního skla) a směry měřených zrychlení. [3]



Obr. 4 Měřicí zařízení XL Meter [3]



Obr. 5 Osy měřeného zrychlení [3]

2.2.2 Racelogic Vbox video HD2

Toto zařízení využívá snímání polohy v čase pomocí GPS, a následně dopočítává parametry, jako například rychlost nebo zrychlení vozidla. Data polohy jsou zaznamenávána s frekvencí 10 Hz a přesností 99,95 % (možná odchylka je 50 cm po ujetí 1 km), což umožňuje dostatečnou přesnost přepočítávaných dat. Navíc zařízení využívá dvě kamery s vysokým rozlišením a synchronizací videozáznamu s naměřenými daty. [4]



Obr. 6 Měřicí zařízení Racelogic VBOX video HD2 [4]



Obr. 7 Kamerový záznam z měřicího zařízení

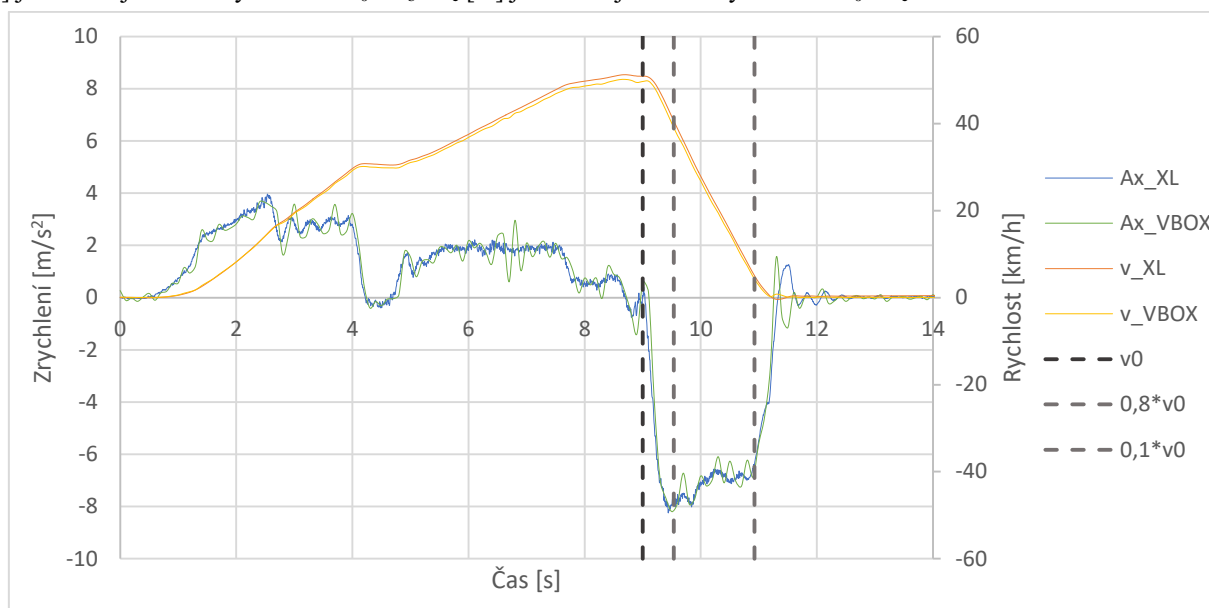
3. VÝSLEDNÁ DATA Z MĚŘENÍ

3.1 Porovnání měřicích zařízení

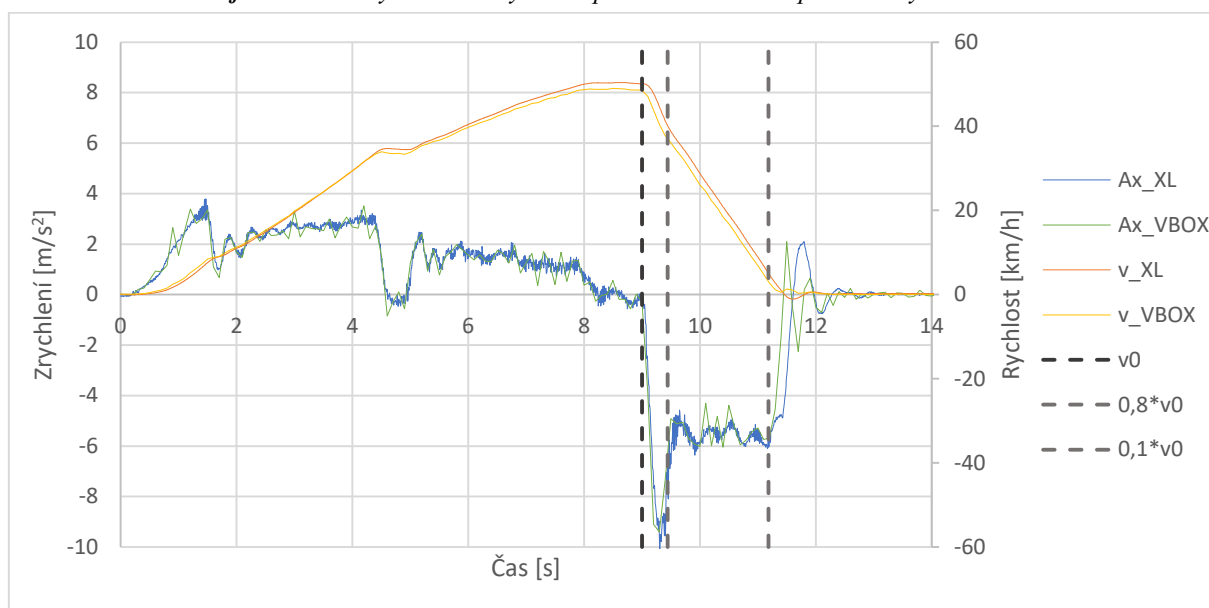
Naměřená data z obou měřicích zařízení byla vyexportována do programu MS Excel a následně časově posunuta, aby spolu korespondovala. Níže jsou uvedeny grafy reprezentující každou z měřených variant. Zároveň je na grafech vyznačena počáteční rychlost těsně před zahájením brzdění v_0 a interval, podle kterého je vypočteno průměrné brzdění MFDD dle vzorce: [3]

$$MFDD = \frac{v_b^2 - v_e^2}{25,92 \cdot (s_e - s_b)}, \quad (1)$$

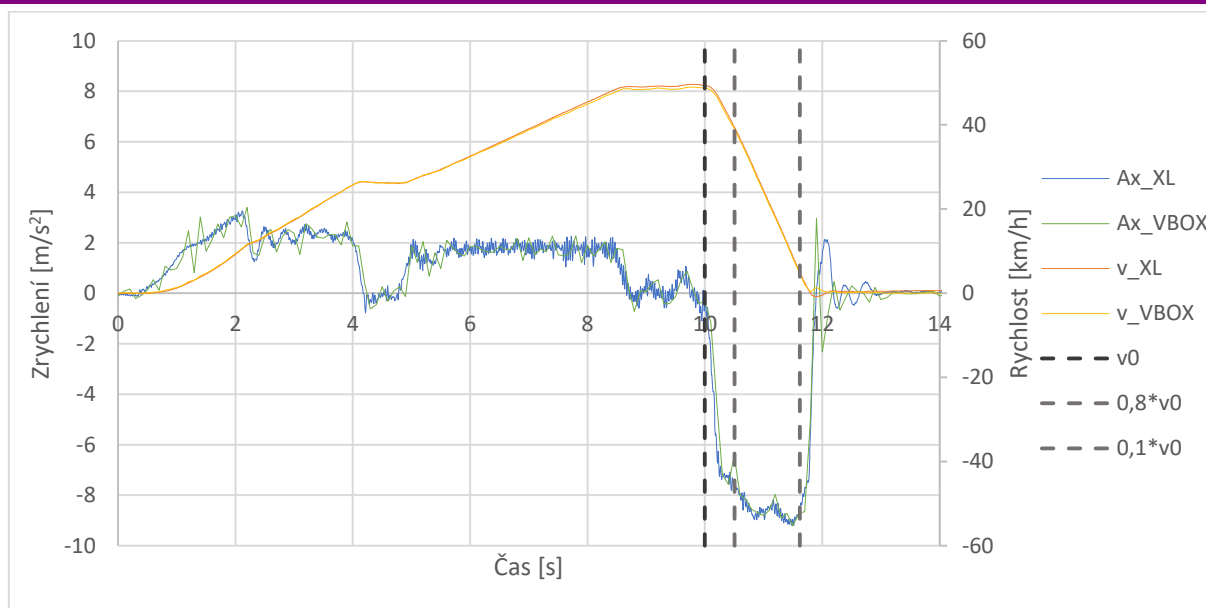
kde v_b [km/h] je rychlost vozidla při $0,8 \cdot v_0$ a v_e [km/h] je rychlost při $0,1 \cdot v_0$. Obdobně je značena i dráha, přičemž s_b [m] je dráha ujetá mezi rychlostmi v_0 a v_b a s_e [m] je dráha ujetá mezi rychlostmi v_0 a v_e .



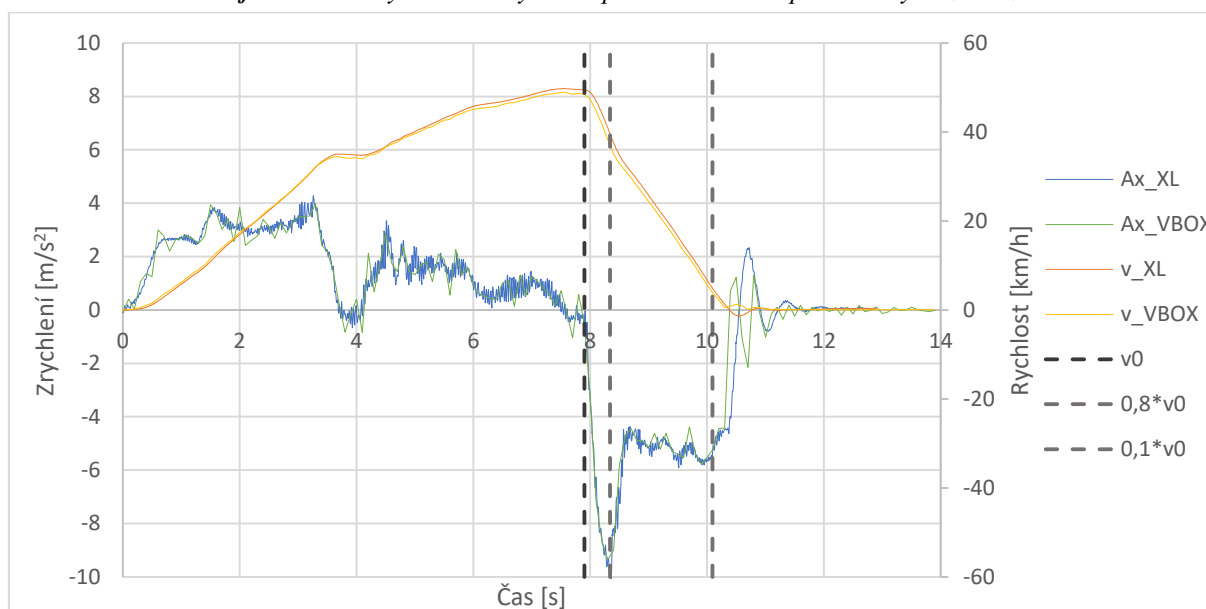
Graf 1 Průběh rychlosti a zrychlení pro variantu zimní pneumatiky bez skluzu



Graf 2 Průběh rychlosti a zrychlení pro variantu zimní pneumatiky se skluzem



Graf 3 Průběh rychlosti a zrychlení pro variantu lení pneumatiky bez skluzu



Graf 4 Průběh rychlosti a zrychlení pro variantu lení pneumatiky se skluzem

Pro porovnání měřicích zařízení bylo určeno průměrné brzdění MFDD a z něj následně vypočtena brzdná dráha vozidla z počáteční rychlosti v_0 . Hodnoty jsou uvedeny v tabulce 2.

Tab. 2 Porovnání výsledků měřicích zařízení

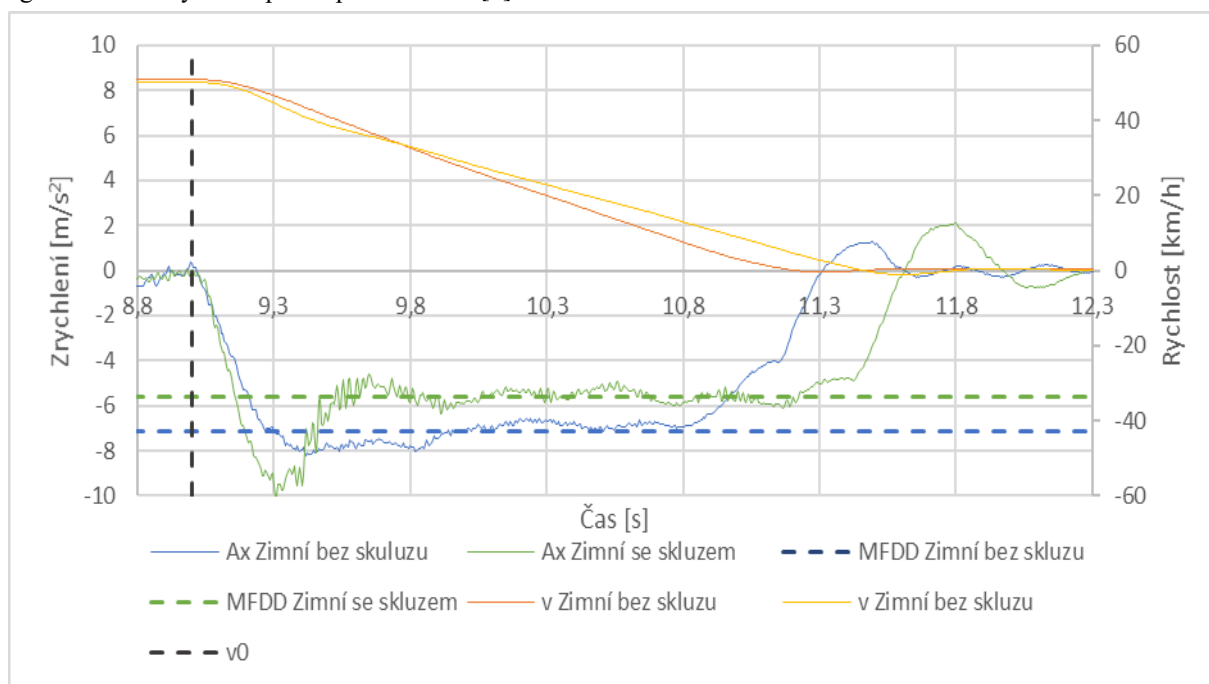
Měřená varianta	Průměrné zrychlení (zpomalení) MFDD [m/s^2]		Brzdná dráha s_b [m]	
	XL Meter	VBOX	XL Meter	VBOX
Zimní bez skluzu	-7,11	-7,08	14,03	14,10
Zimní se skluzem	-5,60	-5,71	17,28	16,96
Letní bez skluzu	-8,60	-8,40	10,94	11,20
Letní se skluzem	-5,50	-5,56	17,13	16,96

Z uvedených hodnot je patrné, že rozdíl mezi hodnotami MFDD z rozdílných zařízení je velice malý, řádově jsou to jednotky procent měřené hodnoty. Z grafů je patrné, že rozdíl ve vzorkovací frekvenci měřicích zařízení nemá výraznější vliv na naměřené hodnoty. Zásadnější rozdíl je patrný při zastavení vozidla, kdy dochází ke zhoupnutí.

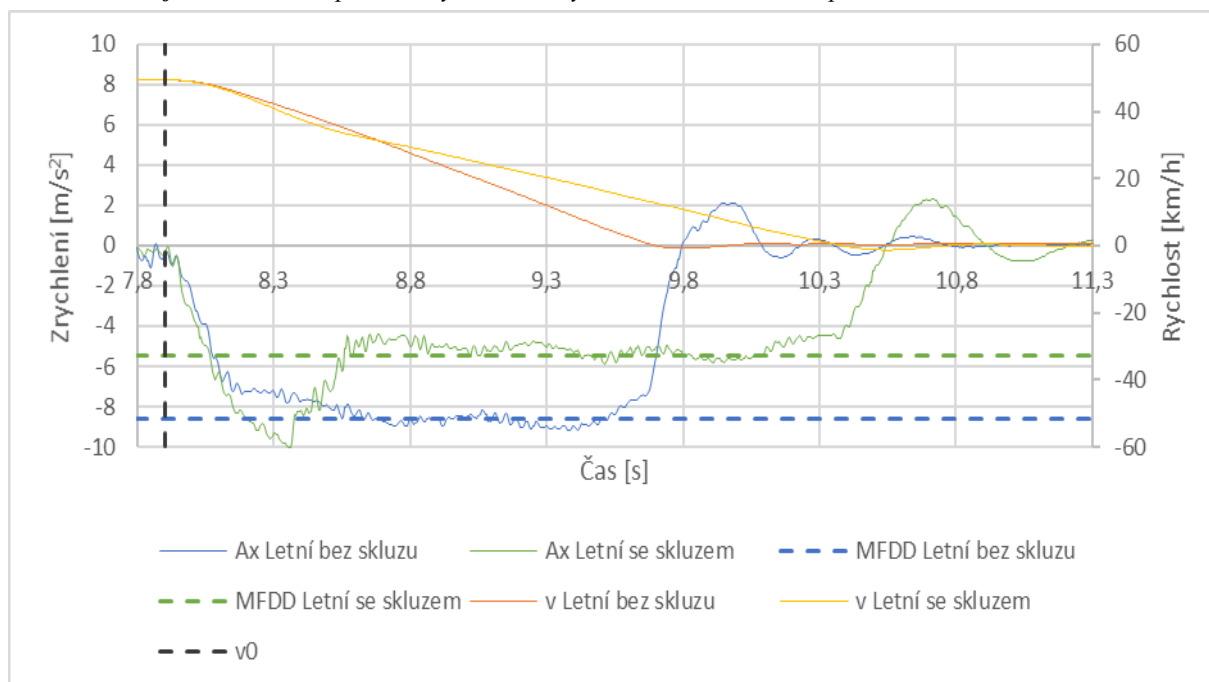
V takovémto případě není VBOX využívající GPS se vzorkovací frekvencí 10 Hz schopen detailněji zaznamenat tento pohyb.

3.2 Porovnání měřených variant

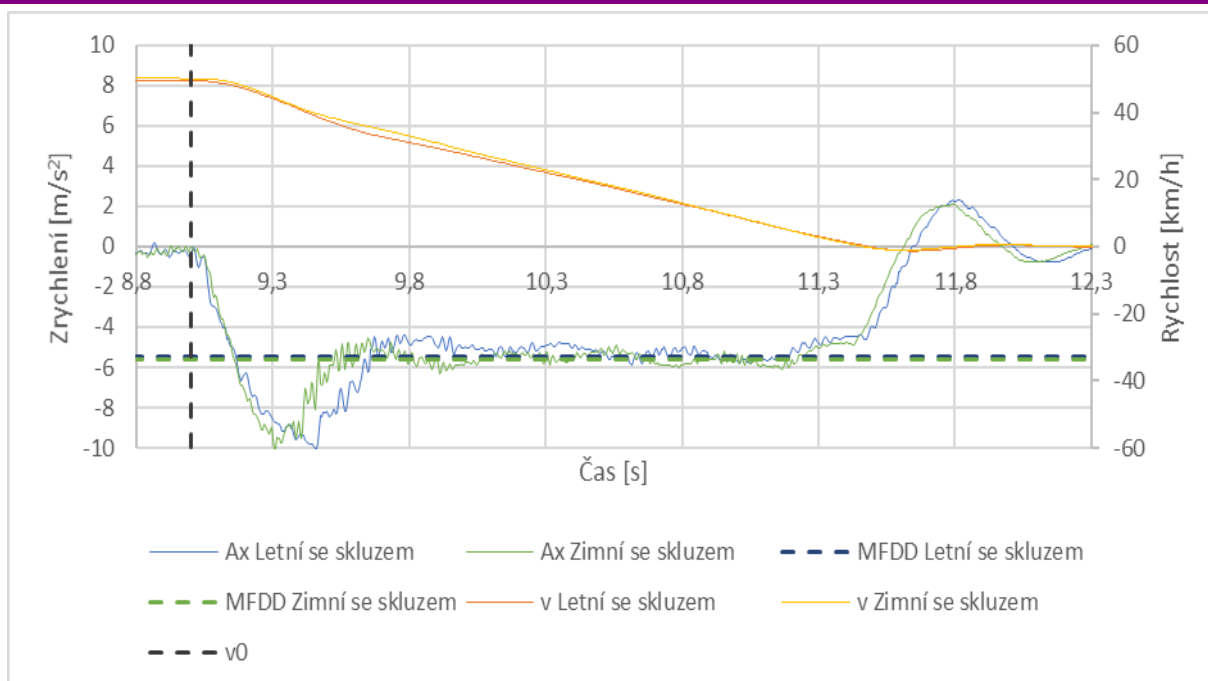
Pro porovnání jednotlivých zkoušených variant byla vybrána data z měřicího zařízení XL Meter. Jak bylo popsáno výše, tak rozdíl mezi jednotlivými měřicími zařízeními je velice malý. Data z XL Meteru byla vybrána i pro ukázkou ovlivnění tohoto měřicího zařízení naklopením vozidla. Po zastavení se vozidlo zhoupne a tím dochází k ovlivnění měření, což je na grafech jasně patrné krátkodobým nárůstem zrychlení. Akcelerometr totiž zaznamenává i část gravitačního zrychlení při klopení vozidla. [1]



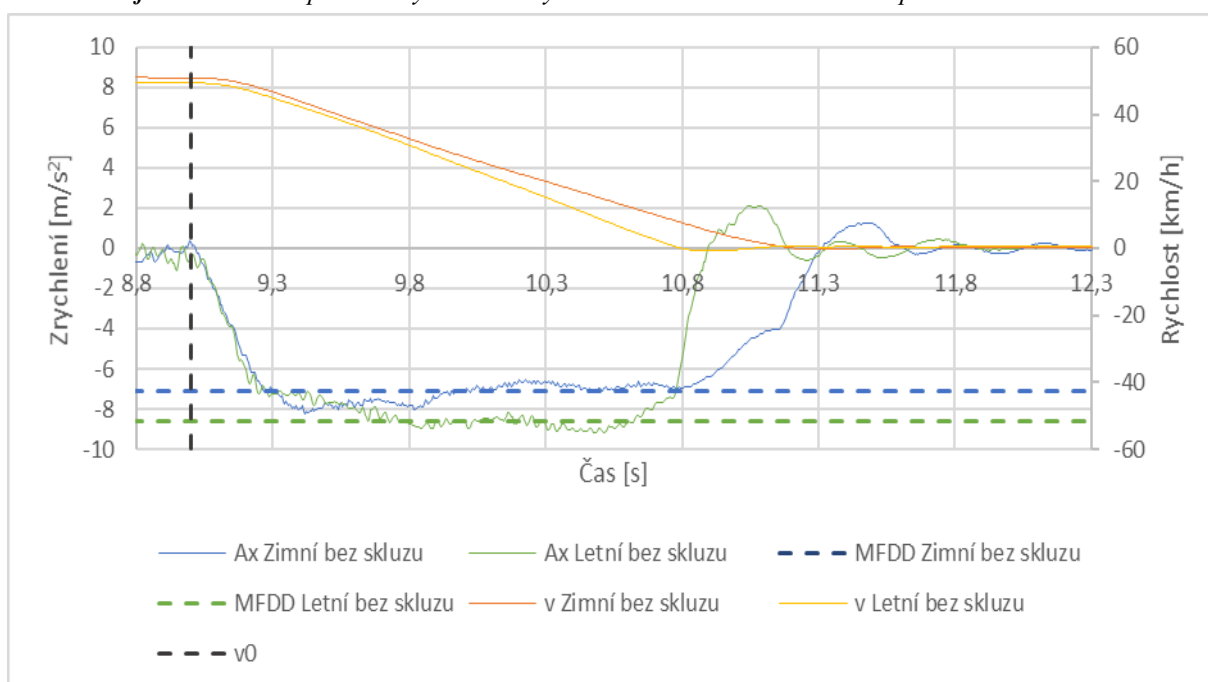
Graf 5 Porovnání průběhů rychlostí a zrychlení variant zimních pneumatik bez/se skluzem



Graf 6 Porovnání průběhů rychlostí a zrychlení variant letních pneumatik bez/se skluzem



Graf 7 Porovnání průběhů rychlostí a zrychlení variant letních a zimních pneumatik se skluzem



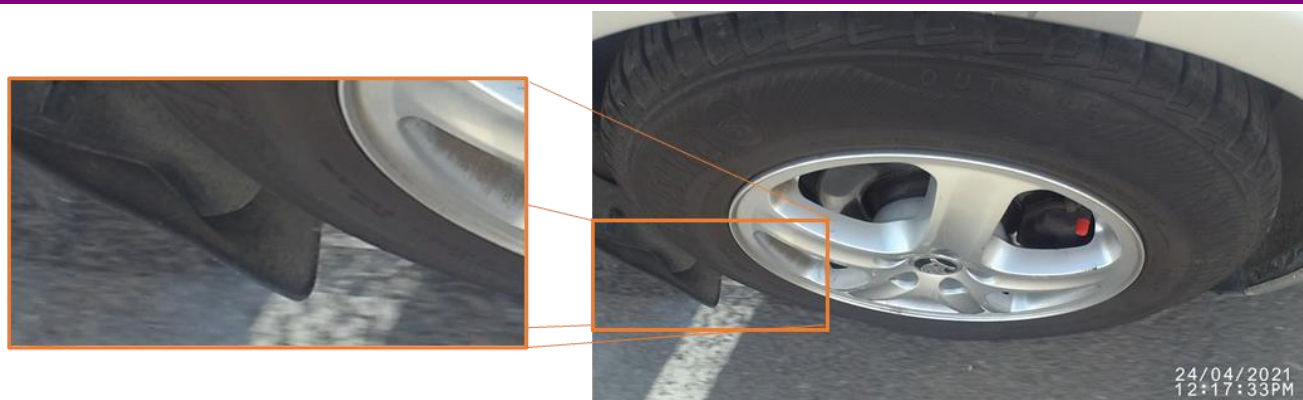
Graf 8 Porovnání průběhů rychlostí a zrychlení variant letních a zimních pneumatik bez skluzu

Z grafických porovnání je patrný rozdíl mezi brzděním odvalujícího se kola (s adhezí) a smýkajícím se kolem (součinitel tření). V případě odvalujícího se kola je náběh brzd pozvolný, jelikož řidič není schopen přesně určit, kdy dojde ke smýkání kol. I v takovémto případě je však parametr MFDD vyšší než v případě smýkání.

Z porovnání letních a zimních pneumatik lze dovodit, že v případě smýkání není mezi pneumatikami žádný významný rozdíl. Součinitel tření je tedy v obou případech stejný. V případě odvalování je však patrné, že letní pneumatiky lépe přenášejí brzdící sílu na vozovku, tedy adheze je u letních pneumatik vyšší.

3.3 Stopy smýkajících se pneumatik

Po brzdění se smýkajícími se koly byly zřetelně rozpoznatelné stopy pneumatik od počátku smýkání, do okamžiku těsně před zastavením vozidla. V okamžiku zastavení dojde k pootočení kol cca o 1/6 otáčky. Na obrázku 8 je uveden snímek z videozáznamu kamery VIRB, snímající pravé přední kolo při pohybu vozidla se smýkající se letní pneumatikou.



Obr. 8 Stopa smýkající se pneumatiky

Ze snímků kamery VIRB lze dopočítat, že ke smýkání kola s letní pneumatikou došlo 0,46 sekund od počátku brzdění. V ten samý okamžik pneumatika začala zanechávat stopu. Pro ilustraci jsou níže uvedeny 4 po sobě následující snímky kamery s rozestupem 0,042 s, počínaje snímkem těsně před začátkem smýkání pneumatiky (vizte polohu ventilku) a konče snímkem se zřetelnou stopou po pneumatice. Dále je uveden graf s označeným časem počátku smýkání pneumatiky.



Obr. 9 Snímek těsně před smýkáním pneumatiky



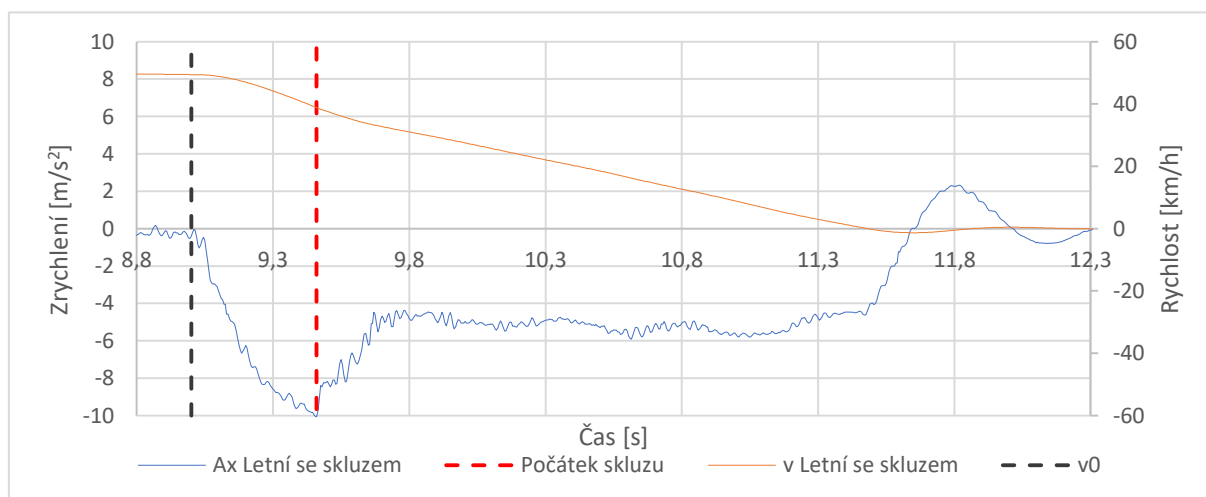
Obr. 10 Snímek počátku smýkání pneumatiky



Obr. 11 Snímek s viditelnou stopou po pneumatice



Obr. 12 Snímek se zřetelnou stopou po pneumatice



Graf 9 Průběh rychlosti a zrychlení varianty letních pneumatik se smykem s vyznačeným počátkem smyku

4. ZÁVĚR

V tomto článku byly porovnávány jak měřicí zařízení, tak i druhy pneumatik při brzdných zkouškách v přímém směru s teplotou vzduchu 15 °C.

Ačkoli obě měřicí zařízení využívají jiný způsob získání hodnot, tak z naměřených dat vyplývá, že pro takovéto měření není v měřicích zařízeních velký rozdíl. Rozdílná vzorkovací frekvence také nezpůsobuje výraznější ovlivnění dat. S ohledem na jednodušost užití a instalaci ve vozidle je nutno podotknout, že zařízení XL Meter je pro takovýto druh měření vhodnou variantou.

Z porovnání jednotlivých variant je zřejmé, že využitím zimních pneumatik v podmínkách, pro které nejsou tyto pneumatiky určeny, se prodlužuje brzdná dráha vozidla, a to až v desítkách procent. Pokud však vozidlo není vybaveno ABS a dojde ke krizovému intuitivnímu brzdění, při kterém se kola smýkají, nezáleží na typu pneumatik. Je třeba zmínit, že z pozorování autora, který byl zároveň i zkušebním řidičem při testování, jsou zimní pneumatiky náchylnější k počátku smýkání kol. Je tedy jednodušší vyvodit smyk u zimních pneumatik nežli u letních.

Z analýzy dat naměřených při brzdění se smýkajícími se pneumatikami lze určit, že ke smýkání letních pneumatik dochází po dosažení zpomalení 10,07 m/s². Následně trvá přibližně 0,3 s, než se zpomalení ustálí na hodnotu pro smýkající se pneumatiku, tedy přibližně 5 m/s². Již od počátku skluzu za sebou nechává smýkající se pneumatika viditelnou stopu, a to až do okamžiku těsně před zastavením vozidla, kdy dojde k pootočení kol.

Literatura

- [1] KŘIŽÁK, Michal, Kateřina BUCSUHÁZY a Roman MIKULEC, ed. Sborník příspěvků konference Junior Forensic Science Brno 2017. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Purkyňova 464/118, 612 00 Brno, duben 2017. ISBN 978-80-214-5486-6.
- [2] SEMELA, Marek. Analýza silničních nehod I. Druhé přepracované vydání. Brno: Vysoké učení technické v Brně Ústav soudního inženýrství, 2016. ISBN 978-80-214-5037-0.
- [3] Návod k použití: přístroj XL MeterTM Pro Gama [online], 43 [cit. 2021-05-13]. Dostupné z: <http://www.nehodar.cz/docs/XLMPUSRCZ.pdf>
- [4] *Technical specification: VBOX VIDEO HD2* [online], 6 [cit. 2021-05-13]. Dostupné z: https://www.racelogic.co.uk/_downloads/vbox/Datasheets/Data_Loggers/VBOX_VIDEO_DATA.pdf

Recenzoval

doc. Ing. Bc. Marek Semela Ph.D., VUT, ÚSI, vedoucí, Purkyňova 464/118, Medlánky, 61200, Brno, Česká republika, +420 54114 8912, Marek.Semela@vut.cz

POSOUZENÍ KRITICHNOSTI AKTIV PROVOZU PRAŽSKÉHO METRA

ASSETS' CRITICALITY JUDGEMENT OF METRO PRAHA OPERATION

Tomáš Kertis¹, Dana Procházková²

Abstrakt

Předmětem výzkumu je bezpečnost pražského metra, které je prvkem kritické infrastruktury dle průřezových kritérií pro určování kritické infrastruktury. Kritická infrastruktura se skládá ze systémů různé povahy (technické, organizační, kybernetické, sociální, aj.). Kritická infrastruktura je důležitá pro bezpečí lidí, ekonomiku a funkčnost měst a států, a to obzvláště v případě náhlých nepředvídatelných (emergentních) a kritických podmínek. Integrovaná bezpečnost kritické infrastruktury závisí na kritičnosti aktiv a také na kritičnosti vzájemných vazeb (interdependences) mezi aktivy. V rámci první části výzkumu jsme identifikovali kritická aktiva metra pomocí expertního posouzení scénářů možných pohrom. V další části, která je v předloženém článku blíže popsána, jsme odvodili jejich kritičnosti aplikací teorie citlivostí. Pro prezentaci výsledků citované teorie a jejich posouzení jsme použili teorii grafů. Výsledky výzkumu byly poskytnuty pražskému dopravnímu podniku pro jejich zvážení a realizaci v praxi.

Abstract

The subject of research is the safety of Praha metro that is the part of critical infrastructure according to the crosscutting criteria for the critical infrastructure determination. Critical infrastructure is composed of systems of various natures (technical, organizational, cybernetical, social, etc.). The critical infrastructure is important for human security, the economics and functionality of cities and states, especially under emergency and critical conditions. Its integral safety is predetermined not only by criticality of its assets but also by criticality of its interdependences. The metro critical assets were determined by expert judgement of disaster scenarios in the first part of the research. The other part, which is the object of this paper, contains determination of asset's criticality by application of the Sensitivity theory. For presentation of cited theory results and their judgement, the Graph theory is used. The results were transferred to Prague Public Transit Company for their considering and realization in the practice.

Klíčová slova

Provoz metra, integrovaná bezpečnost, kritická infrastruktura, kritičnost, aktiva bezpečného provozu, teorie citlivostí, teorie grafů.

Keywords

Metro operation, integral safety, critical infrastructure, criticality, assets of safe operation, sensitivity theory, graph theory.

1. ÚVOD

Ochrana lidí a všech veřejných aktiv je základní funkcí státu. Mezi veřejná aktiva patří i kritická infrastruktura (dále jen KI). Předložený článek se zabývá dopravní infrastrukturou, konkrétně provozem pražského metra a poukazuje na místa, která jsou důležitá pro jeho bezpečnost. Pro určení kritických aktiv a jejich kritičnosti jsme použili výsledky expertního šetření na základě scénářů dopadů pohrom [1], a aplikovali jsme teorii citlivostí a teorii grafů [2,3]. Předložená práce uvádí výsledky aplikace uvedených metod.

2. SYSTÉMOVÁ BEZPEČNOST, POJMY A DEFINICE

KI je definována Směrnicí Rady 2008/114/ES ze dne 8. prosince 2008 o určování a označování evropských kritických infrastruktur a o posouzení potřeby zvýšit jejich ochranu. KI jsou systémy různých povah, např. technické, organizační, kybernetické, územní, vzdělávací, apod.), které mají vliv na fungování ekonomiky, státu a na zvládnutí nouzových a kritických situací.

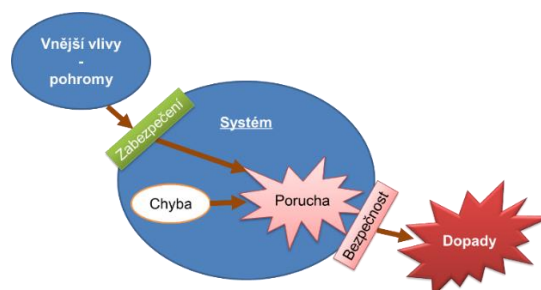
V kontextu dopravního systému, objekty KI jsou například: vlaková nádraží, stanice metra, důležité mosty a tunely, technologická zařízení, informace a materiály. Společně vytváří komplexní socio-kyber-fyzický systém. Prvky dopravního systému a systému jako celku jsou ohroženy mnoha zdroji rizik. Zdroji rizik jsou: přírodní jevy, technologie

¹ Ing. Tomáš Kertis, ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, Ústav bezpečnostních technologií a inženýrství, Konviktská 20 Praha 1, 110 00, kertitom@fd.cvut.cz

² doc. RNDr. Dana Procházková, DrSc., ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav energetiky, Technická 1902/4 Praha 6, danuse.prochazkova@fs.cvut.cz

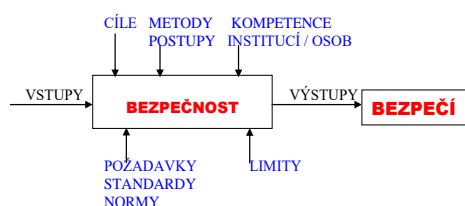
používané člověkem, velké zásahy do životního prostředí, různé technologické nehody, lidský faktor a konflikty v lidské společnosti.

Pro zajištění bezpečnosti komplexního (složitého) systému je důležité počítat s komplexním rizikem, tj. rizikem integrálním založeném na systémovém pojetí reality [4]. Integrální riziko představuje riziko spojené s více chráněnými aktivy, a to včetně veřejných aktiv, reálných aktiv systémů, vazeb a toků mezi všemi aktivy. Při výskytu pohrom často vznikají nežádoucí vazby a toky mezi aktivy, které vedou k selháním nebo nehodám a haváriím. V těchto případech hovoříme o nežádoucích interdependencích. Systémová bezpečnost je vyjádřena na obrázku 1 [6].



Obr. 1 Vztah mezi systémovou bezpečností a zabezpečením (bezpečím) [6].

V souladu se současnou znalostí se pojmem bezpečnost rozumí množina prostředků a opatření, kterými si lidé zajišťují bezpečí a udržitelný rozvoj. Obrázek 2 vyjadřuje koncept bezpečí, tj. vyšší cíl, který se nezabývá pouze snižováním rizik, ale také zvyšuje bezpečí lidí a ostatních veřejných aktiv, na kterých jsou lidé závislí [5].



Obr. 2 Bezpečnost jako nástroj k zajištění bezpečí [6].

V moderní koncepci řízení bezpečnosti složitých technologických objektů, tj. systémů systémů (dále jen SoS), jsou použité následující dva principy: All-Hazard-Approach a zobecněný přístup Defence-In-Depth [4].

Hlavním principem přístupu Defence-In-Depth je aplikace dvou a více vrstev ochrany. Pro technologické systémy (objekty, infrastruktury) byl definován pětistupňový model. Jednotlivé systémy systému řízení zajišťují aplikaci technologických, provozních a organizačních opatření, které jsou navrženy buď pro odvrácení inicializace ničící řetězové reakce nebo k zastavení tohoto řetězce. Každá vrstva v kontextu této práce pro sledovanou infrastrukturu definována následovně [1]:

1. Bezpečný provoz metra za normálních podmínek (úroveň řízení L1).
2. Bezpečný provoz metra za abnormálních podmínek (úroveň řízení L2).
3. Bezpečný provoz metra při větších odchylkách / zvládnání nehody (úroveň řízení L3).
4. Řízení provozu a aktiv metra za kritických podmínek (úroveň řízení L4).
5. Řízení provozu a aktiv metra v případě extrémních podmínek (úroveň řízení L5).

Na základě analýzy a porovnání shody s normativními požadavky a praxí vyplývá, že výše uvedené principy buď nejsou plně implementované anebo nejsou legislativou vymahatelné, tj. v příslušných vrstvách patřičná opatření chybí nebo jsou nedostatečná, a to především ve vyšších vrstvách řízení nebo už na úrovni vrcholového řízení [5].

Současná legislativa požaduje velké množství technických a organizačních opatření pro snížení známých zranitelností systému, především na úrovni řízení za normálních podmínek, eventuelně v případě známých dopravních mimořádných situacích. Jestliže okolní podmínky přesáhnou definované navržené limity, např. při kritických pohromách, technické objekty selhávají. Výše uvedené skutečnosti, zranitelnosti a komplexita SoS jsou charakterizovány interdependencemi, jejichž povaha je fyzická, kybernetická, územní a logická [4]. Příčinou problémů technických objektů v případě nadprojektových pohrom jsou kvůli výskytu interdependencí, které nejsou v návrhu systému uvažované a které mají nebezpečný potenciál.

3. DATA

Uvažovaným systémem v této práci je pražské metro a jeho provoz. K získání dat o pražském metru jsme provedli bezpečnostní výzkum provozu pražského metra pomocí metody Delphi a expertním posouzením [1]. Hlavním cílem výzkumu bylo odvození kritických aktiv a návrh opatření pro zvýšení bezpečnosti pražského metra za všech možných podmínek. Výzkum byl rozdělen do tří základních částí:

- identifikace kritických aktiv (v oblastech uvedených v Tabulce 1),
- odvození důležitosti a zranitelnosti kritických aktiv a jejich rozdělení podle kritičnosti,
- scénáře dopadů vybraných kritických pohrom.

Tabulka 1 obsahuje množiny (oblasti) aktiv s jejich identifikátory, které jsou dále v práci použité.

Tab. 1 Množiny aktiv a jejich identifikátor

<i>Množina (oblast) aktiv</i>	<i>Identifikátor</i>
Konstrukce / stavby	AK
Technika / technologie	AT
Personál / zaměstnanci	AP
Místa (veřejná a technické prostory)	AM
Funkce	AF
Vazby a toky	AV
Organizace a ekonomika	AO

Zranitelnost a důležitost aktiv byly ohodnocené použitím ordinální škály s hodnotami od jedné do tří, kde jedna je nejmenší a tři je největší zranitelnost (citlivost) respektive důležitost. Kritičnost aktiva je definována součinem zranitelnosti a důležitosti [7].

Pohromy, které ohrožují systém byly podobně jako aktiva rozděleny do skupin s jejich identifikátory:

- PZ (výsledky procesů probíhající vně i uvnitř Země)
- PL (výsledky procesů v lidském těle, v chování lidí a procesů v lidské společnosti),
- PP (výsledky procesů a činností instalovaných lidmi),
- PZ (interakce planet Země a životního prostředí na činnost lidí),
- PI (vnitřní závislosti v lidském systému přirozené nebo lidmi vytvořené).

4. METODY A ZPRACOVÁNÍ DAT

Pro odvození závislostí v komplexní KI, tj. V infrastruktuře metra, jsme dále použili teorii citlivostí. Teorie citlivostí umožňuje hodnotit sílu vazeb, velikost jejich zranitelností, t.j. schopnosti závislosti způsobit selhání (KI, provozu metra) [8]. Matice citlivostí jsou dále transformované do grafu pro jejich následnou analýzu a posouzení.

Kvůli lepší interpretaci a práci s informačními systémy je možné definovat zranitelnost jako citlivost a použít Bodeho teorii citlivostí [8]. Citlivost je dále definována následujícím vztahem odvozeným v práci [9]:

$$S_i = \frac{\partial y}{\partial x_i} \quad (1)$$

S_i je absolutní citlivost výstupní funkce y na parametr vstupní funkce x_i . Jakákoliv změna výstupní funkce systému závisí na jeho citlivosti a změně vstupního parametru x_i , uvedená vazba je z praktických důvodů vyjádřena v maticovém formátu, použitím matic citlivostí S dle práce [10]:

$$\Delta Y = S \cdot \Delta X \quad (2)$$

Ačkoliv jsou stupnice pro hodnocení kritičnosti normalizované, pro práci s aktivy je užitečné pracovat s absolutní citlivostí, protože funkce aktiv jsou rozdílné fyzikální povahy.

Zvyklost praxe je uvádět vztahy jednotlivých prvků v tabulkách. V tomto případě jde o citlivost, tj. vztah vstupní veličiny (pohroma nebo aktivum) na výstupní veličinu (funkce systému nebo jeho aktiv): aktiva jsou obvykle v řádcích a pohromy ve sloupcích tabulky. Z výše uvedených důvodů každou tabulku převádíme do matic citlivostí, viz vztah (3), která nám umožňují provést jisté operace a dále transformaci do grafu pro analýzu scénářů dopadů.

$$\begin{pmatrix} \Delta y_i \\ \vdots \\ \Delta y_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_{x_1}^{y_1} & \dots & S_{x_n}^{y_1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ S_{x_1}^{y_m} & \dots & S_{x_n}^{y_m} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta x_i \\ \vdots \\ \Delta x_n \end{pmatrix} \quad (3)$$

Vstupní parametr x_i ve vztahu (3) může vyjadřovat také parametry jiných aktiv (funkcí). V případě, že chceme zobrazit souvislosti více do hloubky, lze kombinací vstupních a výstupních parametrů na obou stranách rovnice vytvořit zřetězení. Tj. pro účely práce “zřetězené matice citlivostí”, které v technice znamenají míru zranitelnosti závislou na míře propojení veličin nebo parametrů [4, 11].

Zranitelnost můžeme dále interpretovat pomocí teorie grafů, což je popsáno např. v práci [12] jako ohodnocený orientovaný graf. Pro vytvoření grafu je nutné transformovat matice citlivostí do matic sousedností, které vyjadřují míry těsnosti propojení sledovaných veličin. Předmětné matice jsou základem pro generování grafů, které vyjadřují míry propojení příslušných veličin.

Pro vytvoření matic sousedností jsme použili nástroj MS Excel, export souboru s maticemi jsme dále importovali do nástroje určeného pro práci s grafy – Gephi verze 9.0.2 [13].

Proces transformace do grafu lze rozdělit do následujících kroků:

1. Sestavení matic sousedností (měř těsnosti propojení) z matic citlivostí (měř zranitelnosti).
2. Sestavení orientovaného grafu – grafická interpretace.
3. Ohodnocení hran (zranitelnosti dané vazby - propojení) a uzlů (zranitelnost, resp. kritičnost sledovaných veličin, aktiv).
4. Analýza grafu a grafická interpretace výsledků.

Pro analýzu grafů jsme zvolili následující nastavení volitelných parametrů, které nástroj umožňuje [13]:

1. Rozložení:
 - silově zaměřené Fruchterman-Reingold [14],
 - oblast: 10000; gravitace: 10; rychlost 1, které ovlivní výsledné rozložení uzlů a hran na pracovní ploše (resp. na plátně) v SW nástroji.
2. Uzly:
 - velikost dle „Stupně dovnitř“; min: 10; max: 50; exponenciálně, uvedené nastavení na pracovní ploše exponenciálně zvětší uzly, které mají více vstupujících hran,
 - barva dle „Stupně dovnitř“; min: černá; max: červená; lineárně, uvedené nastavení na pracovní ploše červeně zabarví uzly, které mají více vstupujících hran,
 - „stupeň dovnitř“ vyjadřuje počet vstupujících hran do daného uzlu bez ohledu na jejich váhu,
 - „stupeň ven“ vyjadřuje počet vystupujících hran z daného uzlu bez ohledu na jejich váhu.
1. Hrany:
 - ve výchozím nastavení tloušťka dle váhy,
 - barva dle „Váhy“; min: černá; max: červená; v intervalu mezi minimem a maximem lineárně rozložená

Pravděpodobnost včasného a správného rozhodnutí k zabránění nebo zmírnění dopadů nepříznivých událostí, a to především za abnormálních a kritických podmínek, lze dle [15] dosáhnout:

- vyšší znalostí problémů a zranitelností (uvedených v předchozím odstavci), tj. znalost struktury systémů jejich vazeb, rozdílů a prostředí,
- vyšším informačním výkonem.

Znalost systému a informační výkon spolu souvisí a jsou limitované fyzikálními vlastnostmi systémů, proto je nutné hledat vhodnou rovnováhu. Informační výkon zvýšíme buď mírou informace nebo informačním tokem. Míra informace závisí na znalosti systému a jeho schopnosti interpretace syntaktických řetězců v datovém toku [15].

Informační tok v čase zvýšíme přenosovou rychlostí a kapacitou přenosového média (které jsou taktéž limitované). Systémy s vyšší mírou znalosti potřebují nižší informační tok, jelikož ten obsahuje vyšší míru informace (např. jeden bit může znamenat jednu konkrétní událost na kterou musí systém reagovat). Naopak znalost systému je limitován jeho výpočetním výkonem, pamětí, ontologií a/nebo kognitivními schopnostmi. Záleží, zda znalost přiřazujeme přirozeným či umělým systémům (člověk/stroj, fyzika/kybernetika, společnost/technika a technologie) [15].

Zvyšování včasného a správného rozhodnutí znamená zvyšování bezpečnosti, tj. zavádíme opatření pro zvýšení bezpečí lidí. Zvýšení bezpečnosti vede ke snížení kritičnosti.

5. VÝSLEDKY, POSOUZENÍ KRITICHNOSTI AKTIV

Data získaná studiem systému metra a jeho chování jsme vyjádřili pomocí matic citlivostí v souladu s předchozí kapitolou. Matice, která obsahuje všechna kritická aktiva, pohromy a jejich vazby, je velmi rozsáhlá a nečitelná, a proto je rozdělena do několika dílčích matic dle: skupin aktiv, citlivostí (aktiva, pohromy), typu pohrom (relevantní, specifické, kritické), úrovně řízení L1-5.

Prvním typem matic jsou matice vnějších citlivostí vyjadřující zranitelnost vůči pohromám. Následující vztahy v (4) definují pomocí matic množinu pohrom kritických P_k a specifických P_s .

$$P_k = \begin{pmatrix} PZ01 \\ PZ04 \\ P101 \\ P102 \\ P106 \\ P107 \\ P108 \\ P109 \\ PP03 \\ PP04 \\ PP06 \\ PP09 \\ PS01 \\ P101 \\ P103 \\ P104 \end{pmatrix}; P_{S,K} = \begin{pmatrix} PZ02 \\ P103 \\ P104 \\ P105 \\ PP07 \\ PS02 \\ PS03 \\ PS05 \end{pmatrix}; P_S = P_k \vee P_{S,K} \quad (4)$$

Vztahy (5) až (7) vyjadřují odchylku ve výstupní funkci skupiny aktiv $\Delta_L A_{(P_k) \vee (P_s)k}$ v závislosti na specifické pohromě. Předmětná odchylka výstupní funkce skupiny aktiv je daná maticí absolutních citlivostí S (na základě dat z [1,16]) a výskytem pohromy P ve formě odchylky od normálního stavu $\Delta_L P_{(k) \vee (s)k}$, kde L v indexu označuje uvažovanou úroveň systému řízení bezpečnosti a "k" nebo "s[k]" kategorizaci pohrom (kritická nebo specifická) dle vztahu (4). Pro považovanou úroveň řízení bezpečnosti L_x je uvažována pohroma P o takové velikosti, která je schopna vyžadovat aktivaci vyšší úrovně řízení bezpečnosti L_x+1 .

$$\begin{pmatrix} \Delta_{L1} AK_{P_k} \\ \Delta_{L1} AT_{P_k} \\ \Delta_{L1} AP_{P_k} \\ \Delta_{L1} AM_{P_k} \\ \Delta_{L1} AF_{P_k} \\ \Delta_{L1} AV_{P_k} \\ \Delta_{L1} AO_{P_k} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1100111111011111 \\ 1100111111011111 \\ 1133111111011110 \\ 1100111111011111 \\ 1100111111111111 \\ 1100111111111111 \\ 1111111111111111 \end{pmatrix} \cdot \Delta_{L1} P_k; \begin{pmatrix} \Delta_{L1} AK_{P_{S,K}} \\ \Delta_{L1} AT_{P_{S,K}} \\ \Delta_{L1} AP_{P_{S,K}} \\ \Delta_{L1} AM_{P_{S,K}} \\ \Delta_{L1} AF_{P_{S,K}} \\ \Delta_{L1} AV_{P_{S,K}} \\ \Delta_{L1} AO_{P_{S,K}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 11111001 \\ 11111111 \\ 11110111 \\ 11111111 \\ 11111001 \\ 11111111 \\ 11111001 \end{pmatrix} \cdot \Delta_{L1} P_{S,K} \quad (5)$$

$$\begin{pmatrix} \Delta_{L2} AK_{P_k} \\ \Delta_{L2} AT_{P_k} \\ \Delta_{L2} AP_{P_k} \\ \Delta_{L2} AM_{P_k} \\ \Delta_{L2} AF_{P_k} \\ \Delta_{L2} AV_{P_k} \\ \Delta_{L2} AO_{P_k} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1100211122012212 \\ 1200233233031233 \\ 1133222222011211 \\ 1200222222011212 \\ 1100211121111212 \\ 1122211121121212 \\ 1122111211111312 \end{pmatrix} \cdot \Delta_{L2} P_k; \begin{pmatrix} \Delta_{L2} AK_{P_{S,K}} \\ \Delta_{L2} AT_{P_{S,K}} \\ \Delta_{L2} AP_{P_{S,K}} \\ \Delta_{L2} AM_{P_{S,K}} \\ \Delta_{L2} AF_{P_{S,K}} \\ \Delta_{L2} AV_{P_{S,K}} \\ \Delta_{L2} AO_{P_{S,K}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 12111111 \\ 22333212 \\ 11222221 \\ 12222111 \\ 12112111 \\ 12112321 \\ 12112112 \end{pmatrix} \cdot \Delta_{L2} P_{S,K} \quad (6)$$

$$\begin{pmatrix} \Delta_{L3} AK_{P_k} \\ \Delta_{L3} AT_{P_k} \\ \Delta_{L3} AP_{P_k} \\ \Delta_{L3} AM_{P_k} \\ \Delta_{L3} AF_{P_k} \\ \Delta_{L3} AV_{P_k} \\ \Delta_{L3} AO_{P_k} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2300331222013312 \\ 3300333233032333 \\ 2333333233023321 \\ 2200333222012312 \\ 3100221222221223 \\ 3122321222321323 \\ 212222211221312 \end{pmatrix} \cdot \Delta_{L3} P_k; \begin{pmatrix} \Delta_{L3} AK_{P_{S,K}} \\ \Delta_{L3} AT_{P_{S,K}} \\ \Delta_{L3} AP_{P_{S,K}} \\ \Delta_{L3} AM_{P_{S,K}} \\ \Delta_{L3} AF_{P_{S,K}} \\ \Delta_{L3} AV_{P_{S,K}} \\ \Delta_{L3} AO_{P_{S,K}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 12221112 \\ 2333323 \\ 23333333 \\ 13332222 \\ 12112112 \\ 23122322 \\ 23112113 \end{pmatrix} \cdot \Delta_{L3} P_{S,K} \quad (7)$$

Z uvedených matic citlivostí lze určit nejcitlivější (nejzranitelnější) skupiny aktiv. Na první pohled ze vztahu (6) lze například usuzovat, že je nejzranitelnější personál v rámci epidemických / pandemických událostí; tj. řádek $\Delta_{L1} AP_{P_k}$ (značí skupinu aktiv personál), 3. a 4. sloupec vyjadřující dle (5) PL1 (epidemie) a PL2 (pandemie).

Vzhledem k tomu, že se jedná pouze o skupiny aktiv, resp. rozsáhlé množiny dílčích aktiv, nelze jednoduše určit jednotlivé kritičnosti, a tím i nejkritičtější místa. V daném případě jsou ovšem vhodné následující operace:

- součet řádků – celková zranitelnost skupiny aktiv na pohromy,
- součet sloupců – rozsah potenciálních dopadů pohromy podle zranitelnosti skupiny aktiv.

Druhým typem matic jsou matice vnitřní citlivosti, tj. zranitelnosti vůči výpadku okolních aktiv, které jsou vhodné pro analýzu vazeb mezi aktivy. Při sestavování matic citlivostí uvažujeme celou množinu aktiv AV_x ("Vazby a toky"). Vnější citlivostí resp. zranitelností na odchylku ve funkci (resp. ztrátu funkce) okolních aktiv jsou označeny symbolem $S_m(AV_x)$ a sjednocení množin vázaných okolních aktiv A_{xx} , tj. vztahy (8) dle výsledků v [16]. Podle výše zmíněného postupu nejprve sestavíme matici citlivostí s neznámými parametry s_{mn} , které reprezentují vazby, a tam kde dané aktivum vazbu nemá, zapíšeme 0. Po dosazení hodnot ze vztahů (8) dostaneme hodnoty zranitelností (citlivostí) na selhání okolních aktiv, tzn. vazeb.

Z důvodu proveditelnosti, jelikož výsledky výzkumu na rozdělení jednotlivých zranitelností na daná aktiva nejsou tak detailní, rozdělíme zranitelnosti (citlivosti S) rovnoměrně dle vzorce (9). To znamená například pro první řádek, že pro AV_{i01} je dle (8) zranitelnost 2,5, ve vztahu (10) se nám citlivostní koeficient S vyskytuje desetkrát čili dle vzorce (9) pro každé S zapíšeme 0,25. Analogicky postupujeme s každým řádkem. Výsledná matice je znázorněna ve vztahu (10).

$$\sum S_{mi}^{AVm01} \begin{pmatrix} AKs01 \\ AKk06 \\ ATv \\ AVi06 \\ ATe \\ AMtp03 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 \\ 2,5 \\ 3 \\ 3 \\ 2,5 \\ 3 \end{pmatrix}; \sum S_{mi}^{AVi06} \begin{pmatrix} APdi02 \\ ATv \\ ATzb \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ 2,5 \end{pmatrix} \quad (11)$$

Zranitelnost AVm01 lze interpretovat citlivostí, kde citlivostní matice při rovnoměrně rozložené citlivosti vypadá následovně:

$$\Delta AV_{m01} = (0,50, 50, 50, 50, 50, 5) \cdot \Delta \begin{pmatrix} AKs01 \\ AKk06 \\ ATv \\ AVi06 \\ ATe \\ AMtp03 \end{pmatrix} \quad (12)$$

Aktivum AVi06 je ze stejné skupiny, proto vyjadřuji i jeho citlivostní matici:

$$\Delta AV_{i06} = (111) \cdot \Delta \begin{pmatrix} APdi02 \\ ATv \\ ATzb \end{pmatrix} \quad (13)$$

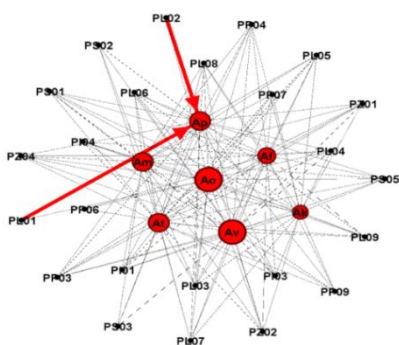
Je zřejmé, že aktivum ATv (technologie vzduchotechniky) je společné, a proto při více společných vstupních aktivech lze matice spojit – zřetězit tak, aby byly společné vazby zřejmé:

$$\begin{pmatrix} AV_{m01} \\ AV_{i06} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,50, 50, 50, 50, 50, 50, 0 \\ 0, 0, 1, \infty, 0, 0, 11 \end{pmatrix} \cdot \Delta \begin{pmatrix} AKs01 \\ AKk06 \\ ATv \\ AVi06 \\ ATe \\ AMtp03 \\ APdi02 \\ ATzb \end{pmatrix} \quad (14)$$

Nekonečno ve vztahu (14) znamená citlivost aktiva na změnu jeho samého. Další iterací může být zřetězení dalšího důležitého aktiva, kterým mohou být: společná aktiva (ATv), nejkritičtější aktiva (pro L1 až L3), jiná důležitá nebo zranitelná aktiva dle posouzení.

Kritičnost vyjádřit matiči lze, ale pro expertní posouzení se hůře analyzuje proto jsme přistoupili k transformaci matic citlivostí do grafu. Matice citlivostí zobrazují pouze zranitelnost a nezvažují důležitost, tj. nereprezentují kritičnost. Navíc při velkém množství aktiv, pohrom a jejich vzájemných vazeb a závislostí není rozsáhlá matice přehledná. Proto využíváme teorii grafů [12, 13], ve které uvedené závislosti přehledně zobrazují. Navíc lze v grafech společně se zranitelností aktiv vyjádřit i jejich důležitost pro danou úroveň řízení bezpečnosti, a tím i jejich kritičnost. Grafy jsme vytvořili pro jednotlivé matice pro:

- pro analýzu vnější citlivosti – matice (5) až (7), příklad na obrázku 3,
- pro analýzu vnitřních citlivostí – matice (10), příklad na obrázku 4,
- pro analýzu vybraných aktiv – matice (14), příklad na obrázku 5.



Obr. 3 (vpravo) Graf vnějších citlivostí pro úroveň řízení L1 – vlastnosti hran a uzlů dle kap. 3 [2].

Obr. 4 (uprostřed) Graf vnitřní citlivosti – vlastnosti hran a uzlů dle kap. 3 [2].

Obr. 5 (vlevo) Graf vybraných aktiv s vnitřními citlivostmi – vlastnosti hran a uzlů dle kap. 3 s textovým označením kritičností uzlů a citlivostí vazeb [2].

Obrázek 3 pro úroveň řízení L1 jednoznačně ukazuje vazby PL01 a PL02 (epidemie a pandemie) ke skupině aktiv AP (personál). Na druhou stranu, skupiny AO (organizace a ekonomika) a AV (vazby a toky) se zobrazují jako největší, což znamená, že předmětné skupiny aktiv jsou citlivé (zranitelné) na větší množství událostí.

Obrázek 4 ukazuje výchozí zobrazení ve kterém se klade důraz především na aktiva AVi01, AVm04, AVm01, která mají nejvíce vstupních vazeb. Předmětné vazby jsou slabé, tj. nemusí být uvedená aktiva nejzranitelnější (např. u AVi01 jde o hodnotu 2,5 ze 3 [16]). AVm05 a AVm01 se zranitelností na hodnotě 3 představují vyšší riziko.

Obrázek 5 ukazuje kritičnosti pro každý uzel, a to v pořadí Aktivum – kritičnost pro L1 – kritičnost pro L2 – kritičnost pro L3, a také váhy, stupně a ohodnocení hran. Vzhledem ke kritičnosti aktiva AVm01 pro úroveň řízení L1 není zapotřebí podrobnější analýzy. Za normálního provozu pro zajištění stejné úrovně bezpečnosti distribuce vzduchu se jeví jako kritické technologie energetiky (Ate) a konstrukce staveb tunelů (traťových, staničních a eskalátorových – AKs01). Pro úroveň řízení L2 mají vysoké kritičnosti aktiva:

- AVi06 (tj. informační toky ohledně stavu vzduchotechniky), které je závislé na Ate (technologie vzduchotechniky, přímo ovlivňující distribuci vzduchu jako takovou),
- Atzb (tj. signalizační, sdělovací a zabezpečovací technologie; především systém ASDŘ a SDM) a technologický dispečer.

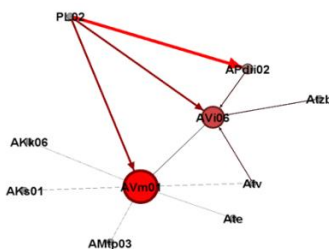
Pro zabezpečení správné funkce uvedených aktiv v případě mimořádných událostí je zapotřebí snížit rizika jejich výpadku. Pro úroveň řízení L3 se nepředpokládají výrazné změny ve stavbě (konstrukci tunelů a větracích šachet), pokud byla zajištěna jejich bezpečnost na nižších úrovních SMS (zajištění bezpečných staveb a konstrukcí), které by měli vliv na distribuci vzduchu. Nicméně na kritičnosti nabývá prostor okolo větracích šachet a jejich prostupnost pro distribuci čistého vzduchu (větrací šachty jako aktivum místa). Zároveň jsou na této úrovni velmi kritické technologie vzduchotechniky, tím i jejich informační toky pro případné řešení eskalace problému. To znamená, že pro zabezpečení vzduchotechniky v případě mimořádných událostí a pohrom pro úroveň řízení L2 a více je nutné:

1. Zajistit místa větracích šachet a jejich prostupnost pro distribuci čistého vzduchu (a to i v případě aktivování tlakových uzávěrů, tj. znemožnění distribuce vzduchu skrze tunely).
2. Zaměřit se na funkčnost distribuce elektrické energie – Energie – technologie energetiky.
3. Zajistit funkčnost technologií vzduchotechniky.
4. Informační toky o stavu technologie vzduchotechniky a umožnit jejich řízení → tj.:
 - technologický dispečer,
 - technologie ASDŘ a SDM (resp. jejich alternativy – manuální řízení technikem na místě, včetně komunikačního zařízení pro spojení s dispečerem),
 - zajištění funkčnosti technologií (bod 3. výše).

6. PŘÍKLAD PANDEMIE

Pro představu uvádíme detailní příklad interpretace scénáře dopadů pro PL01 – epidemii a PL02 – pandemii. Epidemie a pandemie působí primárně na lidi, tj. cestující a personál. V případě úrovně řízení L1 je nutné zajistit dostatečné personální obsazení a základní hygienická a preventivní opatření. U vyšších úrovních řízení se zvyšuje riziko osobních selhání, organizačních havárií v případě nedostatku personálu a nákazy či šíření epidemie v provozu i mezi cestujícími. Vzhledem k výsledkům uvedeným v předchozích odstavcích a v [1,2,16] lze tvrdit, že epidemie a pandemie neovlivňuje pouze lidi, ale také další aktiva z oblasti organizace a ekonomiky či vazeb a toků. Z technického hlediska, přímý dopad pandemie a epidemie na bezpečný provoz metra je zapříčiněn kontakty osob s kontaminovanými materiály, jedná se o povrchy či vzduch. Dále se zaměříme na distribuci vzduchu, jedno z nejkritičtějších aktiv, i v například za pandemie typu COVID-19.

Graf vnitřních zranitelností distribuce vzduchu je uveden na obrázku 5. Původní graf rozšíříme o vnější zranitelnost PL02 (pandemie), kterou lze z hlediska techniky považovat za totožnou s PL01 (epidemie). Rozdíly z hlediska dopadů a možných opatření z okolí uvažovaného systému v tuto chvíli neuvažujeme, to by bylo předmětem analýzy pro vyšší úrovně systému řízení bezpečnosti SMS pro úroveň řízení L4 a L5.



Obr. 6 Graf vybraných aktiv s vnitřními citlivostmi a dopady epidemie/pandemie – vlastnosti hran a uzlů dle kap. 3.

Z rozšířeného grafu na obrázku 6 z důvodu silnější hran PL02 – APdii02 je patrné, že je nejzranitelnější technologický dispečer (APdii02) jako hlavní aktivum pro informační toky ohledně stavu vzduchotechniky. Vzhledem k zajištění toku informací je nutné zabezpečit také zodpovědný technický personál ve vztahu k Atv a Atzb (tj. technici

pracující na systému sdělovacího a řízení, a technologiích vzduchotechniky). Přímý vliv má pandemie i na distribuci vzduchu jako takového v případě jeho kontaminace.

Na základě uvedených skutečností, plány odezvy na případ epidemie nebo pandemie v metru musí obsahovat plán pro zajištění čistého vzduchu, který obsahuje:

- pravidelné čištění vzduchu (např. ozónem, hodnotit účinnost),
- zajistit základní hygienická preventivní opatření (ve formě zajištění prostředků, pravidel jejich používání, monitoringu/kontroly a jejich vynucení),
- nastavení pravidel pro monitoring a vyhodnocování situace,
- rozšířená hygienická opatření pro technologický dispečink – zajištění technologického dispečera,
- zajištění dostatečných personálních kapacit z hlediska dispečinku, komunikací a obsluhy vzduchotechnických zařízení,
- plány pro pravidelnou dekontaminaci – dezinfekce vstupu a výstupu, distribučních cest a stykových ploch konstrukcí, míst a technologií s personálem, popř. veřejností,
- případná další opatření pro veřejnost jako možný zdroj kontaminace.

[2, 3]

7. ZÁVĚR

Cílem práce je zvýšení bezpečnosti metra, a to zvýšením znalostí o sledovaném problému. Vycházíme z teorie informací a ze znalostí o informačních systémech a technologiích. Předmětná teorie umožňuje porozumět změnám informačního obsahu na rozhraních a zahrnuje principy a metody pro řízení bezpečnosti SoS. To pozitivně ovlivňuje informační výkon, a tím také pravděpodobnost včasného a správného rozhodnutí systému, především v kritických situacích.

Praktické výsledky výzkumu a jejich interpretace ukazují na možnosti vzniku kritických spřažení v systému metra, která mohou způsobit provozní problémy v různých úrovních řízení bezpečnosti. Tato spřažení je nutné v praxi ošetřit a podpořit zajištěním techniky, procesů, personálu, odpovědnosti a ekonomikou. Konkrétní výsledky byly předloženy dopravnímu podniku hlavního města Prahy [16] pro jejich využití v praxi.

Výsledky práce lze navíc prakticky více rozvinout s podporou využití SW nástrojů, vytvoření kontrolních seznamů, plánů řízení rizik i dalšími konkrétními vyhodnoceními dalších scénářů dopadů pohrom. Tím práce poskytuje platformu pro další výzkum a vývoj.

Literatura

- [1] KERTIS, T., PROCHÁZKOVÁ, D. Identification of Assets of Metro Operation in Praha and Determination of their Criticality. In: *Proceeding of the 29th European Safety and Reliability Conference*. Singapore: Research Publishing Services 2019.
- [2] KERTIS, T., PROCHÁZKOVÁ, D. Aplikace teorie citlivosti pro zvýšení bezpečnosti kritické infrastruktury. V: *RRTD 2020*. ISBN 978-80-01-06786-4. Praha: ČVUT 2020, s. 37-65.
- [3] KERTIS, T. Disertační práce – Posouzení bezpečnosti vybraného kritického objektu z pohledu integrální bezpečnosti a návrh na snížení kritičnosti objektu. 124 s.
- [4] PROCHÁZKOVÁ, D. *Zásady řízení rizik složitých technologických zařízení*. ISBN 978-80-01-06180-0, e-ISBN 78-80-01-06182-4. Praha: ČVUT 2017, 364 s.
- [5] KERTIS, T., PROCHÁZKOVÁ, D. Tools for Risk Management of Model Metro Station. In: *Smart Cities Symposium Prague 2016*. ISBN 9781509011162. New York: IEEE 2016.
- [6] PROCHÁZKOVÁ, D., PROCHÁZKA, J., KERTIS, T. Bezpečnost složitých kritických technologických systémů. V: *Sborník z Mezinárodní konference Bezpečnostní technologie, systémy a management 2015*. ISBN 978-80-7454-559-7. Zlín: UTB 2015, 240 s.
- [7] PROCHÁZKOVÁ, D. Metodika stanovení závažných živelných a jiných pohrom pro potřeby veřejné správy. V: *Fire Safety 2004*. ISBN 80-86634-43-4. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, 2004, 78 s.

- [8] BODE, H. W. Network Analysis and Feedback Amplifier Design. New York: Van Nostrand 1945. 551 s.
- [9] GEHER, K. The Theory of Sensitivity Invariants and Their Application to Optimization of Tolerances and Noises. V: Periodica Polytechnica. Budapešť: Institute of Telecommunication and Electronics, Technical University Budapest 1974, s. 25-34.
- [10] GAJDOŠÍK, L. Počítačová identifikace obvodů. Studijní podpora. ISBN 978-80-248-1483-4. Ostrava: VŠB-TUO 2007, 149 s.
- [11] PROCHÁZKOVÁ, D. *Bezpečnost kritické infrastruktury*. ISBN: 978-80-01-05103-0. Praha: ČVUT v Praze 2012. 318 s.
- [12] KOLÁŘ, J. *Grafy*. Praha: ČVUT 1984, 231 s.
- [13] GEPHI – The Open Graph. Gephi.org. 2017. <https://gephi.org/>
- [14] FRUCHTERMAN, T. M. J., & REINGOLD, E. M. Graph Drawing by Force-Directed Placement. V: Software: Practice and Experience. John Wiley & Sons 1991, s. 1129-1164.
- [15] MOOS, P., ZELINKA, T., MALINOVSKÝ, V. Telekomunikační služby. ISBN 978-80-01-03598-6. Praha: ČVUT 2007, 176 s.
- [16] KERTIS, T. *Závěrečná zpráva – Bezpečnostní výzkum provozu pražského metra (2016-2021)* (neveřejné). Praha: ČVUT 2021, 71 s.
- [17] PROCHÁZKOVÁ, D. *Metody, nástroje a techniky pro rizikové inženýrství*. ISBN 978-80-01-04842-9. Praha: ČVUT 2011, 369 s.

Recenzoval

Stanislav Tokař, Ing., Ph.D., ÚSI VUT v Brně, odborný asistent, Purkyňova 118/464, Brno, 612 00, stanislav.tokar@vut.cz

STANOVENÍ BEZPEČNÉ VZDÁLENOSTI ZA JÍZDY VOZIDEL

DETERMINATION OF SAFE DRIVING DISTANCE

Jaroslav Král¹

Abstrakt

Odborná komunita v oblasti bezpečnosti silničního provozu dlouhodobě diskutuje problematiku a hledá východiska pro stanovení bezpečného odstupu od vpředu jedoucího vozidla. Mezi nejčastější příčiny dopravních nehod řidičů motorových vozidel patří nesprávný způsob jízdy, jenž zahrnuje především nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem. Pojem „bezpečná vzdálenost“ není v legislativě České republiky definován, autoškoly nemají povinnost provádět praktický výcvik v řízení vozidla se zaměřením na identifikaci a udržování bezpečného odstupu za jízdy vozidel, doporučované metody pro jeho udržování jsou neaplikovatelné v současném silničním provozu a osvětové kampaně prosazující dodržování bezpečné vzdálenosti jsou neúčinné. Vzhledem k obecné právní úpravě v zákoně o provozu na pozemních komunikacích, Policie České republiky v rámci dohledu nad bezpečností a plynulostí silničního provozu, nedodržování bezpečné vzdálenosti za jízdy vozidel nekontroluje a sankcionuje teprve účastníky dopravní nehody. Jednou z možností, jak se vypořádat s řešením této problémové situace, je aplikace systémového přístupu se zaměřením na experimentální měření s využitím speciálně upraveného vozidla.

Abstract

The professional community in the field of road safety has been discussing the issue for a long time and is looking for ways to determine a safe distance from the front of the moving vehicle. The most common causes of motor vehicle drivers' traffic accidents include an incorrect way of driving, which mainly involves failure to comply with a safe distance behind the vehicle. The term „safe distance“ is not defined in the legislation of the Czech Republic, driving schools are not obliged to conduct practical training in driving with a focus on identifying and maintaining a safe distance while driving vehicles, the recommended methods for its maintaining are not applicable in current road traffic and safety awareness campaigns promoting safe distances are ineffective. Due to the general legal regulation in the Act on Road Traffic, the Police of the Czech Republic within the supervision of road safety and fluency, does not control a safe following distance while driving vehicles and sanction only participants in a traffic accident. One of the ways to deal with the solution of this problem situation is the application of system approach focusing on experimental measurements using a specially modified vehicle.

Klíčová slova

Dopravní nehody; bezpečná vzdálenost; časový odstup; výhled; rozhled; dohled.

Keywords

Traffic accidents; safe distance; headway; field of view; range of vision; visual range.

1. PRAVIDLA PRO DODRŽOVÁNÍ BEZPEČNÉ VZDÁLENOSTI

Na základě legislativy České republiky [1] řidič vozidla jedoucí za jiným vozidlem musí ponechat za ním dostatečnou bezpečnostní vzdálenost, aby se mohl vyhnout srážce v případě náhlého snížení rychlosti nebo náhlého zastavení vozidla, které jede před ním.

Řidič motorového vozidla o maximální přípustné hmotnosti převyšující 3 500 kg, jízdní soupravy, jejíž celková délka přesahuje 10 m, a zvláštního vozidla, musí mimo obec zachovávat za vozidlem jedoucím před ním takovou vzdálenost, aby se předjíždějící vozidlo mohlo před něj bezpečně zařadit; to neplatí, připravuje-li se předjíždění, při předjíždění a při souběžné jízdě.

Pojem vyhnout se srážce může být chápán jako úhybný manévr, kdy řidič vzadu jedoucího vozidla změni směr své jízdy vpravo nebo vlevo, avšak při tomto počínání hrozí zvýšené nebezpečí střetu s chodcem, cyklistou nebo čelní střet s protijedoucím vozidlem.

Bezpečná vzdálenost je v přímé souvislosti s rychlostí jízdy, kdy řidič smí jet jen takovou rychlostí, aby byl schopen zastavit vozidlo na vzdálenost, na kterou má rozhled. Pojem rozhled ale není ve statí o vymezení základních pojmů normy [1] definován.

¹ Jaroslav Král, Ing., VUT v Brně, Ústav soudního inženýrství, Purkyňova 464/118, jaroslav.kral@usi.vutbr.cz

V souvislosti s dodržováním bezpečné vzdálenosti stanovuje legislativa [2] zákazovou značku (obrázek 1), která zakazuje řidiči vozidla udržovat od vozidla jedoucího před ním vzdálenost menší, než je stanovena údajem uvedeným na značce.



Obr. 1 Dopravní značka č. B 34 „Nejmenší vzdálenost mezi vozidly“

Pro odhad správného odstupu mezi vozidly je dále v legislativě [2] uvedena informativní provozní značka (obrázek 2), která ve spojení s příslušnou vodorovnou dopravní značkou „Bezpečný odstup“ informuje o bezpečném odstupu mezi jedoucimi vozidly. Značka zobrazuje minimální počet šipek na vozovce, které by měl řidič vidět na vozovce za vpředu jedoucím vozidlem za běžných podmínek.



Obr. 2 Dopravní značka č. IP 32 „Bezpečný odstup“

Dále je v normě [2] uvedena vodorovná dopravní značka (obrázek 3), která poskytuje základní orientaci pro řidiče v otázce doporučené bezpečné vzdálenosti za sebou jedoucích vozidel. Značka je zpravidla doplněna příslušnou svislou dopravní značkou informující o počtu znaků, které by měl řidič vidět v prostoru za vpředu jedoucím vozidlem, a to ve vztahu k nejvyšší dovolené, popřípadě jiné rychlosti nebo k dalším okolnostem (např. mlha, déšť apod.).



Obr. 3 Dopravní značka č. V 16 „Bezpečný odstup“

Tyto dopravní značky se v praxi vyskytují minimálně, a jejich použití není řidičům dostatečně upřesněno a metodicky vysvětleno. Využití značek je vhodné na úsecích pozemních komunikací se zvýšeným počtem kolizních situací nebo dopravních nehod z důvodu nedodržení bezpečné vzdálenosti.

Dopravní průzkum o dodržování bezpečné vzdálenosti při jízdě motorových vozidel s využitím vodorovné dopravní značky č. V 16 „Bezpečný odstup“ byl proveden 1,5 km severně od obce Černá Hora. Značky se nachází obousměrně na úseku silnice Bořitov-Perná a Perná-Bořitov, u křižovatky silnic č. 43 a č. 376. V uvedeném prostoru (obrázek 4) bylo umístěno zařízení pro měření rychlosti RADAR DR

300 J ke zjišťování v tomto místě dovolené rychlosti 90 km/h u projíždějících vozidel. Měření vzdálenosti mezi vozidly bylo prováděno v měsících únor až duben 2013. Za jednotlivé dny měření byla průměrná teplota v uvedené oblasti - 2 °C, vlhkost 65 %, rychlost větru 20 km/h, suchá vozovka, převážně zataženo, bez srážek.



Obr. 4 Nedodržování doporučené bezpečné vzdálenosti

V rámci dopravního průzkumu bylo u 1 351 vozidel změřeno dodržování vzdálenosti za vpředu jedoucím vozidlem. Tři symboly značky mezi vozidly dodrželi řidiči pouze 502 vozidel (37 %). Řidiči 849 vozidel (63 %) bezpečnou vzdálenost s využitím symbolů neuměli použít nebo záměrně nedodrželi. Dopravního průzkumu se zúčastnili i příslušníci Dopravního inspektorátu Blansko, kteří zastavovali řidiče s nedostatečnou vzdáleností od vpředu jedoucího vozidla. Vybraní řidiči byli požádáni o vyjádření ke svému způsobu jízdy a znalosti příslušné vodorovné dopravní značky. Vyjádření řidičů lze shrnout do následujících závěrů:

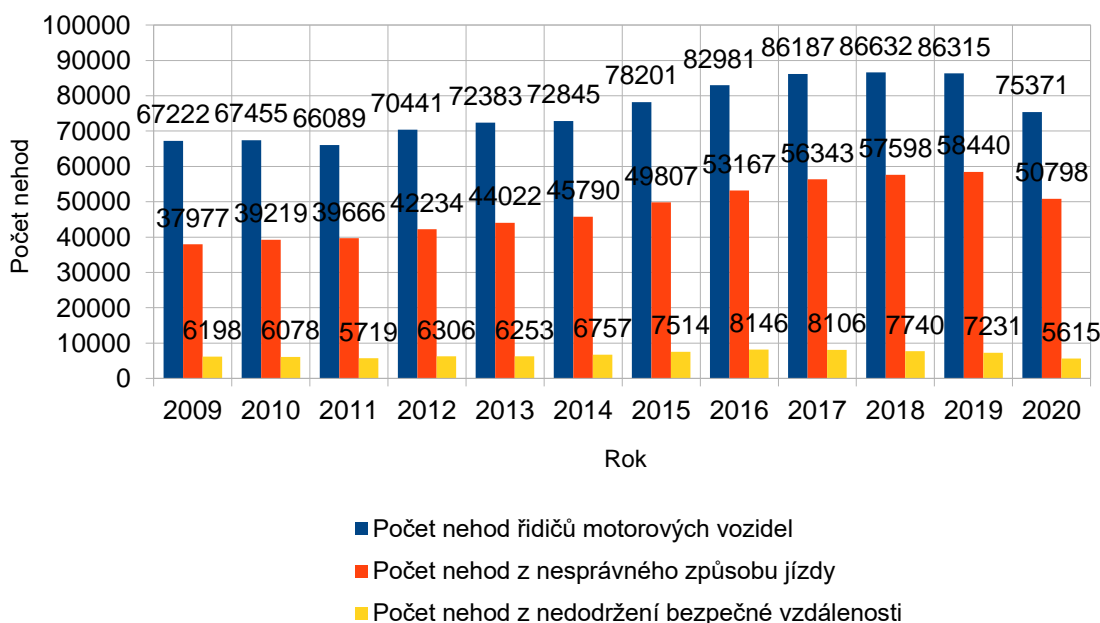
- symboly značek nikdo nerespektuje a jsou zbytečné,
- tato dopravní značka se v autoškole nevyučuje a nikde nevyskytuje,
- v dnešním silničním provozu nelze sledovat nápisy na silnici,
- v případě dodržení odstupu by ostatní řidiči začali předjíždět,
- správná bezpečná vzdálenost není nikde stanovena.

Uvedený průzkum potvrzuje, že řidiči si neuvědomují ověřené zákonitosti spojené s reakční dobou, reakční dráhou a brzdou dráhou. V případě náhlého snížení rychlosti jízdy vpředu jedoucího vozidla by druhý řidič nebyl schopen reagovat a důsledkem by byla dopravní nehoda.

1.1 Vyhodnocení dopravní nehodovosti

Rozvoj automobilismu soustavně přináší tragické následky dopravních nehod v podobě smrti, zranění a vysokých hmotných škod. Tento stav je způsoben nesprávným vyhodnocováním dopravní situace v závislosti na rychlosti vozidla, neschopností reagovat v kritických situacích, nedodržováním bezpečného odstupu a nedostatečnou předvídatostí. Další nepříznivé faktory jsou zhoršení kázně, arogance a agresivita řidičů, nízká úroveň prevence, nepřizpůsobení jízdy stavebnímu stavu komunikace (opotřebením, podélné a příčné vlny, výtluky apod.), dopravně technickému stavu komunikace (zátáčky, křižovatky, klesání, stoupání apod.) povrchovým vlastnostem komunikace (mokro, sníh, náledí, bláto apod.) a povětrnostním situacím (mlha, déšť, sněžení, vítr atd.).

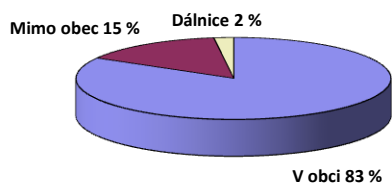
Podle statistik dopravní nehodovosti Policie České republiky [3] mezi hlavní příčiny nehod řidičů motorových vozidel patří nesprávný způsob jízdy, nepřiměřená rychlost, nedání přednosti a nesprávné předjíždění. Nejčastější příčinou nehod je nesprávný způsob jízdy, do kterého patří nevěnování se řízení vozidla, nedodržení bezpečné vzdálenosti, nesprávné otáčení, couvání a vyhýbání, agresivní jízda, nezvládnutí řízení vozidla, náhlé snížení rychlosti jízdy, náhlé zastavení vozidla a vjetí do protisměru. Počty těchto nehod mají každoročně vzestupnou tendenci (graf 1), kromě roku 2020, kdy statistiku ovlivnily opatření související s pandemií onemocnění covid-19.



Graf 1 Počet dopravních nehod v letech 2009-2020

Vzhledem k tomu, že zákonem č. 274/2008 Sb., byl dnem 1. ledna 2009 změněn zákon o silničním provozu, je pro účely porovnávání počtu dopravních nehod v rámci statistiky nehodovosti vhodné vycházet od roku 2009. Změna se týká povinnosti účastníků dopravní nehody ohlásit dopravní nehodu policistovi, došlo-li k usmrcení nebo zranění osoby nebo k hmotné škodě na některém ze zúčastněných vozidel převyšující zřejmě částku 100 000 Kč. V ostatních případech jsou povinni sepsat pouze společný záznam o dopravní nehodě.

Výsledky statistik dopravní nehodovosti jednoznačně prokazují, že nejvíce dopravních nehod z důvodu nedodržení bezpečné vzdálenosti se uskuteční v obci (graf 2), proto je potřebné zaměřit pozornost na legislativní normy a výcvikové metody, které se zabývají dodržováním bezpečné vzdálenosti za jízdy vozidel v České republice i zahraničí. Na základě provedené analýzy je nutné navrhnout změny, které povedou k eliminaci příčin dopravních nehod z důvodu nesprávného způsobu jízdy v obci.



Graf 2 Nedodržení bezpečné vzdálenosti podle místa nehody

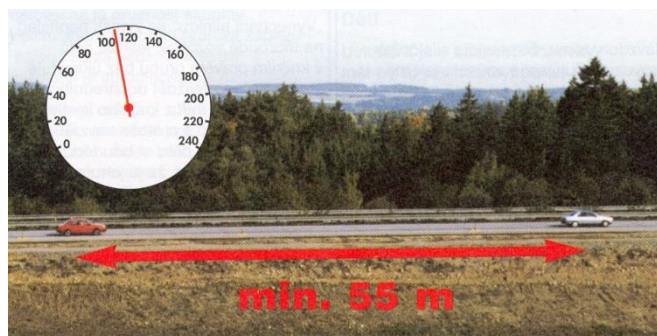
Každodenně opakované informace s podrobným popisem dopravních nehod vytvářejí falešný pocit, že nehody s tragickými následky jsou součástí silničního provozu a nezbyvá než se s nimi smířit. Ve skutečnosti jsou hlavními příčinami dopravních nehod lidé, vozidla a dopravní infrastruktura, které je potřebné komplexně a efektivně řešit.

2. DOPORUČOVANÉ METODY PRO UDRŽOVÁNÍ BEZPEČNÉ VZDÁLENOSTI

Vzhledem k intenzitě současného silničního provozu, různým vlivům na činnost řidiče, psychické náročnosti jízdního manévru a rozdílného technického stavu vozidel jsou v odborné literatuře pro autoškoly uvedeny různé způsoby a doporučení pro dodržování bezpečné vzdálenosti.

V legislativě pro autoškoly ČR [4] je v rámci teoretické výuky povinnost vyučovat pouze nejdůležitější zásady týkající se sledování bezpečné vzdálenosti mezi vozidly, přilnavosti pneumatik a brzdné dráhy v závislosti na adhezních podmínkách. Pro výuku a výcvik žadatelů o získání řidičského oprávnění je v odborné literatuře pro autoškoly doporučováno několik metod pro dodržování bezpečné vzdálenosti za jízdy vozidel. Nejstarší z metod je metoda

vkládání pomyslných aut do mezery mezi vlastní vozidlo a vozidlo jedoucí vpředu, v závislosti na jejich rychlosti. Znamená to, že při rychlosti 50 km/h je potřebné si na suché vozovce představit pět délek automobilů v mezeře za předchozím vozidlem [5], [6] a [7]. Další metoda je založena na sledování aktuální rychlosti vlastního vozidla na tachometru, přičemž bezpečná vzdálenost mezi vozidly je polovina této rychlosti v metrech (obrázek 5) [8], [9], [10]. Nejpoužívanější je „metoda 21-22“, kdy je za dostatečnou bezpečnou vzdálenost ve dne a na suché vozovce považována vzdálenost při vyřčení číselných symbolů 21-22, kterou vlastní vozidlo za tuto dobu ujede k bodu (strom, dopravní značka, sloup), který minulo vpředu jedoucí vozidlo. [6], [7], [9], [10], [11], [12]



Obr. 5 Doporučovaný odstup při jízdě v jízdnicích pruzích

Praktický výcvik na cvičišti je zaměřen pouze na provedení kontroly vozidla před jízdou a základní úkony řidiče před zahájením jízdy, nácvik a zvládnutí základních řidičských dovedností nutných pro ovládnutí vozidla [4]. Tímto nejsou naplněny technické podmínky pro autocvičiště a cvičné plochy [13], které umožňují provádět s žadatelem o řidičské oprávnění nácvik řízení vozidla v jednotlivých rizikových situacích při intenzivním brzdění z rychlosti nejméně 40 km/h, objíždění překážky a náhlou změnu směru jízdy spojenou s ovládnutím ostatních ovládacích prvků vozidla. Začínající řidič tak nemá možnost získat názornou představu a praktickou dovednost při určování správného odstupu od jedoucích vozidel na různém povrchu vozovky a při různých rychlostech, nejdříve při praktickém výcviku na cvičišti.

Všechny zmiňované metody pro udržování bezpečné vzdálenosti jsou založeny na odhadu, tedy vědomé činnosti řidiče, řízené trvalou a soustředěnou pozorností. Proto se lze domnívat, že v praxi toto není možné soustavně provádět. Řidič při řízení vozidla sleduje dopravní situaci v rámci svého dohledu a rozhledu, kontroluje přístroje, orientuje se ve městě nebo v krajině, poslouchá rádio, odpovídá spolucestujícím nebo myslí na osobní prožitky (co bylo v práci, co bude doma apod.). Vliv přemýšlení a další zátěže nejde nijak odbourat, protože nelze zabránit, aby řidič na něco myslel nebo aby se za jízdy rozptyloval jinými činnostmi.

Všeobecně platí, že je velmi obtížné až nemožné kvalitně vykonávat současně několik činností, jestliže každá z nich vyžaduje soustředěnou pozornost. Úmyslná, záměrná, aktivní pozornost je uvědomělá činnost, která je spojena s předem určeným záměrem, potřebou nebo povinností a vynaložením úsilí při její orientaci, udržování a potlačování rušivých vlivů. Záměrné udržování pozornosti na dlouhou dobu patří k náročným a vyčerpávajícím psychickým úkonům. Jestliže mají být vykonávány současně úspěšně dvě činnosti, musí být alespoň jedna zvládnutá natolik, aby byl její výkon téměř automatický, jen s občasnou vědomou kontrolou a regulací. [14]

Tento názor doplňuje publikace [15] s využitím experimentálního měření rozsahu pozornosti. Zdravý a odpočatý člověk je schopen v klidu zachytit současně za 0,1-0,2 sekundy zhruba šest podnětů, ale za jízdy jen dva až tři, v závislosti na rychlosti, podmínkách a složitosti dopravní situace. Příliš zúžená a příliš široká pozornost jsou pro řízení nevyhovující. Nutné je, aby řidič ustavičně upíral a rozděloval pozornost s ohledem na aktuální podmínky dopravního provozu.

Informační přetížení nastává v situaci, kdy dochází ke kumulaci přijatých informací v krátkém časovém intervalu, což může způsobit informační a v širším významu mentální přetížení. Řidič pak není schopen informace třídít podle závažnosti pro řešení dané dopravní situace nebo není schopen přijmout kritickou informaci, překračující dané capacity. Míra a charakter informační zátěže souvisí s aktuálním i dlouhodobým stavem řidiče, který ovlivňuje jeho schopnost příjmu a následného zpracování informací. [16]

Je tedy zcela nereálné a v nejvyšší míře nebezpečné předpokládat, že by se v současném silničním provozu dala udržet zvýšená schopnost řidičů udržovat bezpečnou vzdálenost s využitím výše uvedených metod. Na základě všech skutečností je potřebné se zaměřit na stanovení minimální bezpečné vzdálenosti v obci, neurčitý právní pojem v normě [1] naplnit konkrétním obsahem a následně vytvořit efektivní metodu pro její udržování.

3. SYSTÉMOVÝ PŘÍSTUP K ŘEŠENÍ PROBLEMATIKY BEZPEČNÉ VZDÁLENOSTI

Systémový postup při znaleckém zkoumání spočívá v tom, že nejprve je zkoumaný systém rozdělen na prvky, potom jsou popsány vlastnosti těchto prvků a následně jsou zkoumány jejich vzájemné interakce. Na základě tohoto poznání je odvozeno chování jednotlivých prvků během zkoumaného děje. Potom je potřebné definovat styčné body jednotlivých dějů a popsat chování celého systému v průběhu zkoumaného děje. [17]

Systémový přístup je nápověda, na jaké podstatné skutečnosti, týkající se určité entity, která je předmětem zájmu jedince, by neměl zapomenout ve všech svých činnostech s touto vymezenou entitou. Entitou mohou být jakékoli objekty a subjekty, procesy, stavy, činnosti, služby a všechno další, co lze samostatně zvažovat. Základem je vymezení entity zájmu z problémové situace a na ní formulované problémy. Pro každou entitu je charakteristické, že má určité okolí, jež je účelově vymezená množina prvků související s problémem, které nejsou prvky entity, avšak k ní vykazují podstatné vazby z hlediska zájmu o entitu. Entita má s okolím určité vazby, přes které se realizují interakce, které entitu aktivují a ovlivňují. Aktivace entity na ní vyvolává procesy, které mění její stavy. Entita se do svého okolí určitým způsobem projevuje, což má určité důsledky. [18]

Jednou z problémových situací v oblasti bezpečnosti silničního provozu je nejednoznačnost nebo spíše absence výkladu pojmu “bezpečná vzdálenost” v normě [1], která se zásadní měrou podílí na nedodržování pravidel provozu na pozemních komunikacích u řidičů motorových vozidel a zvyšování počtu dopravních nehod z důvodu nedodržování bezpečné vzdálenosti za jízdy vozidel.

Ke změně této nestandardní situace je potřebné řešit následující problémy:

- vymežit hodnoty parametrů pro minimální bezpečnou vzdálenost při určité rychlosti,
- navrhnout, sestavit a otestovat prototyp speciálního vozidla,
- experimentálně ověřit hodnoty stanovených parametrů při zvolených rychlostech,
- zpracovat definici pojmu “bezpečná vzdálenost” do vybrané části zákona,
- navrhnout metodu pro udržování nově stanovené bezpečné vzdálenosti.

Cílem řešení těchto problémů je stanovení bezpečné vzdálenosti za jízdy vozidel v obci a předložení návrhu pro novelizaci zákona o silničním provozu. Návrh přispěje k technickému výkladu právního pojmu “bezpečná vzdálenost” pro aplikační praxi v soudním inženýrství a poskytne právní jistotu řidičům při adaptaci na nové pravidlo v silničním provozu.

Pro vymezenou entitu “bezpečná vzdálenost” lze charakterizovat okolí, které tvoří účelově zvolené prvky (obrázek 6), a to technika jízdy řidiče, rychlost vozidla, brzdná dráha, technický stav vozidla, povrch vozovky, stanovená právní úprava, povětrnostní podmínky, metoda udržování bezpečné vzdálenosti.



Obr. 6 Zvolené prvky okolí vymezené entity

Velikost bezpečné vzdálenosti je limitována požadavkem, aby při náhlém zastavení předního vozidla druhé vozidlo za ním bezpečně zastavilo. Z hlediska plynulosti provozu za náhlé zastavení lze považovat zpravidla brzdění se zpomalením u daného vozidla adhezně a konstrukčně maximálně dosažitelným. Začátek celého děje je v okamžiku, kdy se u předního vozidla rozsvítí brzdová světla a toto vozidlo začíná brzdit. U řidiče zadního vozidla začíná reakční doba, po kterou se toto vozidlo nejdříve určitou rychlostí rovnoměrně pohybuje a potom následuje brzdění do zastavení. Celková dráha zadního vozidla musí být delší nebo rovna dráze brzdění předního vozidla plus bezpečná vzdálenost.

Výsledný vztah pro bezpečnou podélnou vzdálenost mezi vozidly je následující:

$$b \geq v_{II} \cdot t_{rII} + \frac{v_{II}^2}{2 \cdot a_{II}} - \frac{v_I^2}{2 \cdot a_I} \quad (1)$$

kde: b – bezpečná vzdálenost [m],
 v_I – rychlost předního vozidla [m/s]
 v_{II} – rychlost zadního vozidla [m/s]
 t_{rII} – reakční doba řidiče zadního vozidla [s]
 a_I – zpomalení předního vozidla [m/s²]
 a_{II} – zadního vozidla [m/s²]

Pokud mají obě vozidla stejné dosažitelné zpomalení a stejnou rychlost, pak je pro bezpečnou vzdálenost rozhodující dráha ujetá za reakční dobu řidiče zadního vozidla.

$$b \geq v_{II} \cdot t_{rII} \quad (2)$$

Při výpočtu je třeba vzít v úvahu přiměřenou délku reakční doby, která bude v hustém městském provozu jistě kratší než při klidné monotónní jízdě na málo frekventované dálnici. [19]

Podle učebnice [5] závisí bezpečné řízení na správném způsobu vnímání, rozhodování a reagování řidiče. Vzhledem k tomu, že Kaplánek ve své práci [20] vyhodnotil sledované parametry reakční doby řidičů v rozmezí 0,35-1,42 sekundy na zkušební dráze a 0,40-1,78 sekundy ve skutečném provozu, lze pro další řešení uvažovat s reakční dobou řidiče jedna sekunda. S touto hodnotou pracují, za dalších vstupních podmínek, také znalci při analýze silničních nehod. Jako východisko pro experimentální měření je potřebné konstatovat, že nejmenší bezpečná vzdálenost na suché vozovce je dráha vozidla ujetá během reakční doby řidiče za jednu sekundu, při stejné rychlosti a kategorii vozidel, stejné účinnosti brzd, povoleného opotřebení pneumatik a dobré viditelnosti (tabulka 1).

Tab. 1 Návrh stanovení bezpečné vzdálenosti v závislosti na rychlosti

Rychlost vozidla	Reakční doba	Reakční dráha	Bezpečná vzdálenost
10 km/h	1 s	2,7 m	3 m
20 km/h	1 s	5,5 m	6 m
30 km/h	1 s	8,3 m	8 m
40 km/h	1 s	11,1 m	11 m
50 km/h	1 s	13,8 m	14 m

Za účelem experimentálního ověření navrhovaných hodnot stanovených parametrů při zvolených rychlostech je potřebné navrhnout, sestavit a otestovat prototyp speciálního vozidla (obrázek 7).



Obr. 7 Návrh prototypu speciálního vozidla

Struktura experimentálních měření na vozidle měla zahrnovat nejdříve nácik vnímání vpředu jedoucího vozidla, udržování a měření odhadované bezpečné vzdálenosti řidičem pro stanovenou rychlost jízdy instruktorem, náhlé zabrzdění (rozsvícení brzdových světel) předního vozidla a následnou brzdovou reakci řidiče zadního vozidla. Pokud je odhad vzdálenosti (stanovená hodnota) správný dojde k bezpečnému zastavení vozidla. Při překročení kritické hranice pro odstup následuje simulovaný náraz do vpředu jedoucího vozidla.

Řidič by si měl při výcviku v autoškole osvojit udržování bezpečné vzdálenosti na základě automatického chování. K tomu bude potřebovat mnohem méně cíleného úsilí a vědomé pozornosti než počítání dvou vteřin, kdy se jedná o zcela řízený kontrolovaný proces. Automatické procesy probíhají mimo vědomou pozornost řidiče, nárokují si malé množství zdrojů pozornosti, probíhají rychleji a zvyšují tak bezpečnost jízdy. K dosažení tohoto záměru se jeví jako nejvhodnější posoudit a modifikovat metodu vkládání vozidel s využitím normy [20] o základních rozměrech vozidel.

Pravidlo bezpečného odstupu za jízdy vozidel by mělo být jasně definované a známé dopředu tak, aby pomohlo řidičům k jeho pochopení a následnému dodržování. Při existenci měřitelně vymezené vzdálenosti od vpředu jedoucího vozidla bude dopravní policie dodržování této povinnosti kontrolovat, prokazovat a sankcionovat, ještě před srážkou vozidel. Je zcela nevhodné, aby se problematika nedodržování bezpečné vzdálenosti mezi vozidly řešila až v případě dopravní nehody, ale takovým způsobem, který přispěje ke snížení této příčiny dopravní nehodovosti.

Literatura

- [1] Zákon č. 361/2000 Sb. ze dne 14. září 2000 o provozu na pozemních komunikacích (zákon o silničním provozu).
- [2] Vyhláška č. 294/2015 Sb. ze dne 27. října 2015, kterou se provádějí pravidla provozu na pozemních komunikacích.
- [3] *Informace o nehodovosti na pozemních komunikacích České republiky za roky 2009-2020* [databáze online]. Praha: Policejní prezidium České republiky, [cit. 2021-05-08]. Dostupné z WWW: <<https://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx>>.
- [4] Vyhláška č. 167/2002 Sb. ze dne 19. dubna 2002, kterou se provádí zákon č. 247/2000 Sb., o získávání a zdokonalování odborné způsobilosti k řízení motorových vozidel.
- [5] FARKA, A. – ZAJAC, J. *Programovaná učebnice řidiče automobilu*. Praha: Naše vojsko, n.p., 1984. 256 s.
- [6] HOKEŠ, Vladislav a kol. *Učebnice pro autoškoly*. Praha: Naše vojsko, n.p., 1989. 432 s.
- [7] SCHROTER, Zdeněk. *Autoškola pohodlně*. Plzeň: Agentura Schroter, 2012. 288 s. ISBN 978-80-904665-6-2.
- [8] BAJGAR J., KOTÁL R., MARNÝ T. a ŠULCOVÁ V. *Učebnice pro autoškoly II*. Praha: Bertelsmann Media s.r.o., 1996. 150 s.
- [9] Kolektiv autorů. *Autoškola*. 5. vyd. Praha: Springer Media CZ, s.r.o., 2007. 324 s. ISBN 80-86411-79-8.
- [10] PROROK, Pavel. *Autoškola učebnice*. Plzeň: Ševčík nakladatelství, 2007. 350 s. ISBN 978-80-7291-171-4.
- [11] WEIGEL, Ondřej. *Autoškola*. 13. vyd. Brno: Computer Press, 2004. 234 s. ISBN 80-251-0133-9.
- [12] FAUS, Pavel. *Autoškola-moderní učebnice*. Praha: Grada Publishing a.s., 2013. 200 s. ISBN 978-80-247-4703-3.
- [13] Zákon č. 247/2000 Sb. ze dne 30. června 2000 o získávání a zdokonalování odborné způsobilosti k řízení motorových vozidel.
- [14] ŠTIKAR, J. – HOSKOVEC, J. – ŠTIKAROVÁ, J. *Psychologie v dopravě*. Praha: Nakladatelství Karolinum, 2003. 275 s. ISBN 80-246-0606-2.
- [15] HAVLÍK, Karel. *Psychologie pro řidiče*. Praha: Portál s.r.o., 2005. 224 s. ISBN 80-7178-542-3.
- [16] ŠUCHA M., REHNOVÁ V., KOŘÁN M., ČERNOCHOVÁ D. *Dopravní psychologie pro praxi*. Praha: Grada Publishing a.s., 2013. 216 s. ISBN 978-80-247-4113-0.
- [17] BRADÁČ, A. – KLEDUS, M. – KREJČÍŘ, P. a kol. *Soudní znalectví*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2010. 242 s. ISBN 978-80-7204-704-8.
- [18] JANÍČEK, Přemysl. *Systémová metodologie brána do řešení problémů*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2014. 184 s. ISBN 978-80-7204-887-8.
- [19] BRADÁČ, Albert a kol. *Soudní inženýrství*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 1999. 725 s. ISBN 80-7204-133-9 (dotisk).
- [20] KAPLÁNEK, A. *Analýza reakcí řidičů na složené podněty*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2010. 90 s. Vedoucí disertační práce prof. Ing. Zdeněk Kolíbal, CSc.
- [21] ČSN 73 6058. *Jednotlivé, řadové a hromadné garáže*. Praha: Český normalizační institut, 2011. 48 s.

Recenzoval

Albert Bradáč, Ing., Ph.D., Ústav soudního inženýrství, Purkyňova 464/118, Brno, bradac@usi.vutbr.cz

RISK-BASED DESIGN OF TECHNICAL FACILITIES

PROJEKTOVÁNÍ TECHNICKÝCH DĚL ZALOŽENÉ NA ŘÍZENÍ RIZIK

Dana Procházková¹

Abstract

For security and development, human society needs socio-cyber-physical facilities that provide products and services that are safe, i.e. they reliably perform their functions and they have good coexistence with their surroundings, even under critical conditions. In order to ensure that requirement, it is necessary in the highest extent to address all relevant risks (namely those that are related to ageing of fittings and components of technical facilities and with dynamic development of environment in time) in the preparation of the terms of references and in the design process. In order to design the socio-cyber-physical facility with these properties, it is not enough to respect only valid standards and norms and procedures of good practice. At designing, they need to be respected data on all possible risks and their combinations, and for this to use measures identified in the risk management plan for design, which specifies local conditions and possibilities. Therefore, the correct methodology of design creation considering the relevant risks needs to be used. Because such methodology has not been specified yet, the article proposes such the methodology of generation of technical facilities risk-based design, which was verified in practice.

Abstrakt

Lidská společnost potřebuje pro své bezpečí a rozvoj socio-kyber-fyzická díla, která zajišťují výroby a služby, které jsou bezpečné, tj. plní spolehlivě své funkce a mají dobrou koexistenci se svým okolím, a to i za kritických podmínek. Pro zajištění uvedeného požadavku je nutné v co největší míře vypořádat relevantní rizika (a to i ta, která souvisí se stárnutím zařízení a komponent technických děl a s dynamickým vývojem prostředí v čase) při přípravě zadávacích podmínek a při projektování. Aby bylo možné vyprojektovat socio-kyber-fyzické dílo s těmito vlastnostmi, nestačí respektovat jen platné normy, standardy a postupy dobré praxe. Při projektování je třeba respektovat údaje o všech možných rizicích a jejich kombinacích, a k tomu používat také opatření uvedená v plánu řízení rizik pro projektování, který specifikuje místní podmínky a možnosti. Proto musí být použita správná metodika tvorby projektu, která zohledňuje všechna relevantní rizika. Protože předmětná metodika není dosud specifikovaná, článek navrhuje metodiku generace projektů technických děl socio-kyber-fyzické povahy, která se opírá o řízení rizik (risk-based-design methodology) a která již byla ověřena v praxi.

Keywords

Risks; socio-cyber-physical systems; technical facilities; designing; risk-based design; safety.

Klíčová slova

Rizika; socio-kyber-fyzické systémy; technická díla; projektování; projektování založené na řízení rizik; bezpečnost.

1. INTRODUCTION

The human lives in modern society are made easier through socio-cyber-physical systems that are the result of the skill of human generations. However, all these positive consequences of technical progress on the human system functioning are redeemed by existence of a much larger number of risks that lead to:

- the failure of the State basic functions,
- safety level reduction
- and disruption of coexistence of socio-cyber-physical systems (*further "SCPSs"*) with their surroundings.

Coexistence generally means a common existence. The need for and the importance of coexistence is now under consideration in many technical fields [1-11]; the problem was discussed in detail in work [12].

The SCPSs consist of a series of parts that are interconnected and have object or network structures. Particular attention is currently being given to large-scale SCPSs that provide quality basic services to humans. They are complex and many of them ensure the fulfilment of the basic functions of the State, and therefore, the word critical is associated

¹ Dana Procházková, doc., RNDr., CSc., DrSc., ČVUT v Praze, fakulta strojní, ústav energetiky, Technická 4, 166 00 Praha 6, danuse.prochazkova@fs.cvut.cz

with them [13-17]. Engineering systems, from the simplest to the most complex, meet the daily needs and demands of citizens, and therefore, require targeted anthropogenic care.

Complex SCPSs belong to the different sectors management, and therefore, they greatly differ by the design and nature. Therefore, the criteria and measures for managing and settling their risks are sector-dependent, even if they have the same objective, namely safety. For reasons of great diversity, the procedures for building their safety are *site and sector-specific*. Aspects important for operation of SCPSs parts and whole SCPSs are very diverse, especially those of: knowledge and technical matters, which predetermine the capacity possibilities of SCPSs; organizational and legal matters enabling the SCPS operation at a certain level of safety in the territory and over time; financial matters; personnel; social; and political at national and international level.

Based on the present findings [13,14], each engineering system is characterized by the structure, hardware, procedures, environment, information flows, organization, and interfaces among these components. The basic element of safe designing the SCPSs in the field of technical solutions is the application of safe elements (i.e. reliable, functional and non-threatening themselves and their surroundings) elements, their qualified interconnections and operating modes allowing safe (i.e. reliable and trouble-free) operation, and proper maintenance, back-up of priority parts of elements, components or systems, use of various back-up principles and thoughtful deployment of back-ups. ***Due to SCPS complexity, it is not enough to respects valid norms and standards, but it is necessary to apply the risk engineering principles.*** The paper shows the procedure of generation of risk-based design that was tested and has been already used in several cases.

2. SUMMARY OF KNOWLEDGE ON SCPS DESIGNING

Each territory has its own sources of risk [18], and therefore, both, the external and the internal sources of risks need to be addressed in relation to the design of the SCPS. Current knowledge shows that risks, which were not settled, cause for SCPS sooner or later losses, damage and harms in both, the public assets and on the SCPS assets [19].

SCPSs have form of objects or networks, and they represent complex systems, the form of which is a system of systems – SoS [1-12,14,20]. They include physical, cyber, organizational and social systems, i.e., individual devices, machines, components, systems, or entire production or service units. Knowledge and experience show that SCPSs are put in a certain environment, which in any case react to located SCPS. From safety reasons, these reactions need to be revealed in advance and considered in design to ensure human security.

The SCPS designing is covered by a wide range of problems, e.g.:

- theoretical analysis of critical processes, equipment and places and design of practical implementation of technically and financially available countermeasures,
- selection of: materials, technical principles, construction procedures, determination of critical construction and mounting processes etc.,
- experimental verification of installed fittings and their operability under normal, abnormal and critical conditions,
- ensuring: durability, tractability of equipment and processes, required service life; quality and sufficient human resources, costs in the required amount, technical services; services etc.; and realization of buildings, structures and equipment under given conditions, etc. [12].

For human security, it is needed, so that environment reactions throughout SCPS lifetime would be adequate and its coexistence with surrounding may exist. The ensuring these aims needs to be inserted in the SCPS designing. Firstly, it is necessary to consider sources of all risks – All-Hazard-Approach [21]. To this set they also belong destructive phenomena that are results of all mutual reactions inside and outside SCPS under, normal, abnormal and critical conditions [12].

The identification of internal SCPS sources of risks associated on the one hand with individual technical equipment, their arrangement into components and systems, and on the other hand with production processes and their management, is a site-specific activity which requires the risk identification at several levels, namely:

- technical equipment,
- components,
- systems,
- technical, organizational and cyber interconnections under normal operating conditions,
- technical, organizational and cyber interconnections under abnormal operating conditions,
- technical, organizational and cyber interconnections under critical operating conditions,
- and for high-important SCPS such as nuclear power plants, dams, etc., technical, organizational and cyber-operation interconnections under extreme operating conditions [13,14,22].

When identifying the SCPS risk sources, it is very important to consider all stable and mobile sources inside and outside the SCPS:

- fires (flash, pool, jet, fireball),
- explosions (mechanical, electrical, chemical, explosion of a cloud of gases – BLEVE or VCE, dust and, or nuclear),
- leakage of hazardous substances, because the damage will cause both, their impacts and their possible domino effects [6].

Each dangerous phenomenon can have different sizes and different occurrence probabilities, and therefore, it is important the hazard determination for each one. Because extreme dangerous phenomena occur rarely and irregularly, the hazard determination is one of principal steps at risk determination [20]. The hazard determination is technical-methodological method of determining the maximum expected disasters sizes. Because severe events occur randomly and irregularly and world dynamically develop in space and time (which also leads to changes in conditions that lead to disasters, and, of course, to changes in the very disasters' characteristics), simple statistical methods cannot be used (their assumptions requiring stable processes are not fully fulfilled). Since we do not have enough knowledge of this area, we must consider existence of uncertainties, both random and knowledge-based, and to use methods based on the theory of extremes [23].

According to hazards curves we determine so call the design disaster, which is dangerous phenomenon size, the occurrence probability of which is once during the time interval determined by legislation [20]. The parameters of design disasters are used at technical facility project, construction, outfit by fittings, equipment components, systems and system of systems design. They create the SCPS terms of references. Their respecting ensures that SCPS has incorporate measures to prevent, mitigate and respond to unacceptable situations caused by internal, external and organizational sources of accidents and failures of elements, components and systems, namely for disasters' sizes lower than design disasters. They are key part of SCPS design documentation containing the technical, financial, time and other data determining the safe, reliable and functional SCPS. They create so called limits and conditions for safe SCPS operation [12].

According to data in [6,20], it is necessary to have in terms of references creation:

- knowledge of: regulations; risks in the site to which the SCPS is placed; technical system, which constitutes a SCPS; models and theories associated with accidents; methods of analysis, management and settlement of risks; and management of enterprise (finance, human resources, organization, technology, innovation...),
- competencies for: the application of results of methods of risk analysis and evaluation; implementation of methodology of analysing and assessing the risks adapted to the problem; emergency and crisis management; analysis of situations / activities / accidents; transformation of policy into real actions; the conversion of accident statistics into action plans; strategic planning; hierarchy of problems; capability to find right information and lesson learned; critical analysis; designing the right solutions; communication; carrying out the synthesis and adapting the wording intended for the public; and ethics.

In terms of reference creation, in the light of possible disasters in site and in connection with coexistence of SCPS with surroundings, it is necessary to:

- specify: for each relevant disaster, size of threat according to given standards; identify critical tasks of SCPS from integral safety viewpoint,
- understand tasks and causes of their criticality,
- identify possible human failures,
- propose measures for safety ensuring with regard to variable conditions.
- Critical SCPS tasks from integral safety viewpoint are physical activities, by which operator contributes to:
 - triggering the non-committed and unacceptable phenomenon,
 - detection and prevention of phenomenon in question,
 - management and mitigation of phenomenon in question,
 - response to emergency situation.
- At terms of references creating, it is necessary to consider that to criticality they also contribute:
 - lack of communication (errors and interruptions in the flow of information),
 - routine approach (certainty resulting from long-term practice in combination with risk awareness loss caused by frequent repetitive activities and tired work),
 - lack of knowledge (ambiguity or misunderstanding),

- distraction (confusion, mental chaos),
- lack of team collaboration (inconsistent efforts of a group of people due to a lack of belonging, fear of other mistakes, inappropriate leadership style or inappropriate communication),
- fatigue (it is ignored because people perceive it after it is excessive),
- lack of means (lack of resources, tools and materials, outdated documentation, inappropriate working conditions),
- coercion (from superiors or colleagues, lack of time, incorrect task settings),
- lack of self-esteem (inability to refuse to perform tasks resulting from lack of self-esteem, anxiety or complexes),
- stress (nervousness caused e.g.: time pressure, new methodology, change in the range of tasks, competitions or private factors),
- negligence (incorrect assessment of the possible consequences of action caused by e.g.: coercion, lack of experience or lack of knowledge),
- acceptability of a large number of deviations from instructions and standards in order to facilitate work.

The aim of SCPS design is to create a production process that is profitable, economic, safe and does not threaten public assets, especially humans and environment. This can be achieved by optimizing the safeguard, economic and functional criteria. SCPS design covers a wide range of problems, for example, it goes on selection of:

- materials,
- technical principles,
- construction procedures,
- framework procedures,
- determination of critical construction and framework processes,
- protection ways in domains physical, cyber etc.

It, therefore, requires the participation of many different knowledge fields, i.e. the participation of a number of specialists from different fields. It should be remembered that here the human factor manifests. The low cooperation of experts leads to errors that will occur later at operation, e.g. they lead to: occurrence of organizational accidents [24]; maintenance problems [13,14]; impossibility to repair important parts [25] etc.

In each SCPS design from safety perspective, it is necessary to follow the requirements for:

- durability,
- manageability of equipment and processes,
- lifespan,
- human resources,
- costs,
- technical services,
- other service,
- safety of employees, humans in surroundings and environment.

Consideration and good provision of requirements in question determines the future costs of ensuring the safety and coexistence of technical facility with surroundings. E.g., non-provision of human resources for operation leads to limitation of production or service that is provided by the SCPS [12].

Designing the SCPS is a very complex activity, and in each country is regulated by national legislation (e.g. in the Czech Republic - the Act No. 183/2006 Coll.) and in some cases by international ones [26,27]. Research results [12] show: from safety viewpoint, the main goal is to avert unwanted combinations of incidents that have potential to cause accidents accompanied by major damages. To do this, proactive indicators or safety functions are used to control safety under border conditions, thereby the occurrence possibility of unlikely severe accident is reducing.

Seven principles of resilience are used:

- backup,
- to insert ability of sleek and controlled degradation,
- to insert ability to return from degraded state,
- flexibility in both, the system and the organization,
- to insert ability to control limit conditions close to the performance interface,

- to insert optimal management models,
- to reduce complexity
- and to reduce possible undesirable couplings.

In design, it is necessary to include program for safety increase that ensures:

- safety and functionality of all fittings that corresponds to their missions,
- identification, evaluation, elimination or regulation of potential risks at acceptable level for important installations, systems and their various parts,
- risk management, which includes all possible disasters with resources inside and outside the SCPS that cannot be eliminated,
- protection of personnel, people in the vicinity, facilities and property,
- use of new materials or products and test techniques only in a way that is associated only with minimal risk,
- insertion of safety factors that ensure corrective measures that lead to improvement,
- consideration of all appropriate historical data on ensuring the safety generated by similar safety-enhancing programs.

From engineering viewpoint, conditions and limits of operation are established, safety systems (active, passive and hybrid) are installed and appropriate backups are ensured; it is solved: what safety systems are appropriate and what must be their backup; where / in which places safety systems operate most effectively; why they must be used just there and not elsewhere, in what limits they work reliably.

It is a fact that, at SCPS designing there are often used software based on tree models. Based on the current knowledge summarized in [20], it should be remembered that tree models do not create a basis for mastering all possible disasters that affect the whole SCPS, because they start on one point in the technical facility, for example, they do not consider impacts of external disasters, attacks and human factor.

According to [10,11,30-33], for the SCPS safety during the lifetime, it is necessary at designing to consider at each critical process the problems connected with:

- given process,
- designing a process,
- process management,
- operational staff and signalling its condition,
- safety management system,
- other technical systems promoting the safety,
- external active and passive systems for mitigating the risks led to process failure,
- SCPS emergency response
- and SCPS surrounding response.

According to knowledge summarized in [14], it is important so that the processes risk management strategy may use:

- principles of inherent safety, e.g. [30,31],
- passive safety systems,
- active safety systems,
- different barriers types,
- procedural procedures that are proven or thoroughly tested in such a way that they do not contain latent sources of danger under possible conditions [12].

To ensure the important SCPS safety, the Defence-In-Depth principle is used [32]. The principle in question is implemented using a combination of several subsequent clearly independent levels of protection. The basic condition is - when one level of protection or barrier fails, the subsequent level must be available. When approach is well applied, so individual technical, human or organizational failure should not lead to devastating impacts, and a combination of several failures leading to devastating impacts should have a low occurrence probability. Special attention must be paid to pressure equipment with dangerous substances [12,25].

From a professional viewpoint, safety document shall contain answers to questions:

- what may break down,
- what may not work (hazard identification and its analysis),

- how serious consequences (risk assessment) can be; what measures need to be taken to avoid this (risk management),
- what needs to be done when this occurs (emergency measures).

3. DATA USED IN RESEARCH

For research, the original database of SCPS accidents and failures from world data was compiled [25] and several case studies were analysed in great details in [12]. The database contains 7829 events from the whole world sources that were accessible in last 35 years to authors; 521 events originated due to mistakes in designing.

To reveal the event roots (risk causes), the collected data were processed by risk engineering methods: e.g. What, If; Checklist; Fishbone diagram; Case studies; Event Tree; FMECA; etc. [33]. Their results were critically assessed and separated into classes according similarity of causes and create the basis for Decision Support System enabling to multicriterial assessment of possible SCPS risks [12].

The results obtained from lessons learned from the risk impacts suppressions were also critically assessed and separated into classes according similarity of response tools and created the basis for Risk Management Plan that is based on the TQM management method [34] and it is recommended by ISO 31000 [35].

4. RISK CAUSES IN DESIGN

The causes of SCPS failures and accidents in database [25] were split up into categories: deficits in SCPS designing; deficits in performance of supervision by public administration; legislation deficit; and other. These categories were further subdivided; e.g.: the first one was designated into: errors in terms of references (e.g. omitting the critical disaster); errors in design (e.g. mistakes in concept of barriers; omitting of important norms and standards etc.); or legislation deficits into: low authority of public administration supervision; very general requirements on design, construction, outfit by technology equipment, testing and commissioning, etc.

The specific identified causes of SCPS failures and accidents found in a designing are omissions, errors and deficiencies in:

1. SCPS design - factual area:

- errors in terms of references (e.g. not used the All Hazard Approach procedure; incorrectly determined hazard sizes of disasters; not applied Defence-In-Depth principle etc. – further ones in [12],
- errors in the project (an inappropriate building model used for calculations with regard to the conditions in the site, either too theoretical or general or not to settle uncertainty and uncertainty; not properly used principle Defence-In-Depth principle),
- omitting the site vulnerabilities as e.g. large populations, existence of objects such as hospitals, schools, etc.,
- insufficient capacity sources of energy, water and sewerage,
- insufficient capacity of transport routes, lack of staff to operate, etc.,
- the non-determination of critical building sites, which led to omission of measures for risk management towards safety at normal operation – as barriers, on the basis of an assessment of the risks to their safety, i.e. barriers, backups – further ones in [12],
- the non-determination of critical building sites, which lead to omission of measures for risk management towards safety at abnormal operation conditions, – on the basis of an assessment of the risks to their safety, i.e. the risk assessment of their safety, i.e. barriers, backups – further ones in [12],
- the non-determination of critical points of technology and production processes, which led to omission of measures for risks management to safety, protection and dependability under abnormal and critical conditions - barriers, advances, principles to increase safety,
- they have not been considered and adequately addressed critical points of technology (pressure vessels and their equipment in which dangerous substances are or carry out hazardous reactions or pressured pipes, mainly those with hazardous substances) and places in which there is a risk of operator failure from the point of view of potential risks,
- failure to comply with good practice standards or the application of erroneous standards (which has led to the project being designed: inappropriate materials; inappropriate technical principles; inappropriate construction procedures; inappropriate design procedures; critical construction and construction processes have not been established and specific measures have been proposed for their quality design; equipment, machines, components and systems did not meet the safety, reliability and long-term functionality requirements, i.e. the safety, reliability and long-term functionality of the equipment, machinery, components and systems; durability and easy handling of equipment and processes; ergonomic

requirements of the operator, service requirements, maintenance and financial costs associated with them are not respected; inappropriate placement of protective equipment and safety support systems; inappropriate technologies of construction, construction and assembly),

- in creation of design of automatic and semi-automatic control systems, there were deficiencies caused by insufficient knowledge or lack of cooperation of specialists from different disciplines or the use of faulty or imperfect IT tools,
- non-incorporation of technical measures for the basic physical and cyber protection of technical facility,
- not considering the possibilities of changes in: laws during construction; system of taxation during the construction; interest system during construction; market situation – inflation, deflation, demand changes, etc.; support for technical facility by the State (e.g. when changing political representation); supplies of essential materials and technologies and relied on only one supplier, leading to problems in construction and operation – e.g. due to the lack of finance or unavailability of the material, some buildings and equipment were then ripped off.

2. Supervision of public administration over SCPS design:

- lack of public administration supervision, e.g. it did not ask for documentation on certification of SCPS safety in all important six stages of the SCPS referred to above,
- neglecting the solution of sufficient capacity of local sources of energy, water and sewerage, transport routes and personnel in SCPS facility sitting and design,
- neglecting the assessment of investor financial capacity in granting the relevant authorizations.

3. Inadequate legislation:

- insufficient public administration supervisory power,
- insufficient legislation governing the design of SCPS (too general, incomplete, allows for several interpretations,
- insufficient enforceability of the right to safety, employee protection, public protection and the environment.

4. Other:

- the State has not professional institution which has been able to professionally assess the process of making the SCPS in all aspects,
- haste in design and construction due to pressure from politicians,
- the State has not developed a system of supervision under design of SCPS,
- the State did not have criteria for assessing the accuracy of the design of SCPS,
- contractor and investor did not cooperate with the public administration during the design of the SCPS,
- natural disaster occurrence as: earthquake; landslide; flood; fire,
- occurrence of phenomena as: corruption; insider' attack; hackers' attack; terrorist attack.

5. RISK MANAGEMENT PLAN

The risk management plan for design process is after prevention principles the second important tool for the SCPS design. For creating this top-quality safety management tool, they are considered both, the current knowledge and experience on risks associated with SCPS and their surroundings summarized in [12], and the new real knowledge, which were obtained from study of compiled original database of SCPS failures and accidents, among the causes of which they were found defects in the area of design; totally 521 cases were identified.

The aim of risk management plan is to ensure the SCPS coexistence with surroundings. Two actors are considered - public administration, which supervises activities in the territory including the SCPS with aim to ensure the safety of territory and citizens, and designer, who is responsible for the safety of design of SCPS, which also includes the protection of the surroundings and inhabitants. It is prepared in the form of table; Table 1 shows example for designing; complete table is in [12].

Tab. 1 Risk management plan for SCPS designing directed to coexistence of operated SCPS with its surrounding.

Risk area	Risk description	Probability of occurrence Risk impacts size	Risk mitigation measures

Public administration	As a result of absence of a State strategy on SCPS design focused on safety, it is possible to enforce current political interests, requirements of coercive groups or the failure to cope with extreme political situations (war, terrorist attacks), which in turn leads to reduction in human living standard and safety of citizens, economic instability, etc.	Probability: Large Impacts: Large	Measures: To develop the relevant State strategy and adapt the Building Act Execute: Prime minister Responsibility: Parliament chairman
	Due to lack of competence of public authority in overseeing the SCPS design there is an extension of construction, problems in commissioning, accidents accompanied by enormous expenditure from the public budget, disruption of citizens security.	Probability: Large Impacts: Large	Measures: To adapt the Competence Act and the laws associated with it. Execute: Prime Minister Responsibility: Parliament chairman
		
	As a result of errors in the authorized designer selection, the project is of poor quality, which sooner or later will disrupt the construction or operation and lead to accidents accompanied by enormous expenditure, disruption of citizens safety and problems with public administration.	Probability: Medium Impacts: Large	Measures: Change of designer Execute: Authorized investor worker Responsibility: Investor director
Future operator		
	As a result of a poor estimate in the field of supplier – customer relations, the project is based on unrealistic data, which sooner or later will lead to disrupts the construction or operation of a SCPS, enormous expenditure, disruption of citizens safety and problems with public administration.	Probability: Medium Impacts: Large	Measures: To force investor to perform remedy Execute: Authorized future operator worker Responsibility: Future operator director
Authorized designer		
	As a result of a poor quality or non-cooperative team of project processors, the project is of poor quality and it leads sooner or later to disruption of construction or operation, enormous expenditure, citizens safety and problems with public administration.	Probability: Medium Impacts: Large	Measures: To introduce rules for team cooperation Execute: Authorized designer team worker Responsibility: Authorized designer team director

Table 1 serves for protection against problems that impede to building permit issue. Table shows that big role plays the human factor, namely at way of execution of critical tasks of designing (terms of references compilation, use of knowledge on compilation of safe design etc.) and at professionalism of supervision performed by the public administration directed to public interest.

Risk management plan was tested with success at six medium SCPS [25]; their site-specific compilation and application in practice are ambitious on experts' knowledge and time, and it requires the access to detail SCPS and public administration documents, which is connected with respecting the certain legal rules.

6. PROCEDURE OF SCOS RISK-BASED DESIGN GENERATION

Based on the above facts, we have compiled a procedure for SCPS risk-based design compilation to respect applicable standards, practices of good practice and the above principles for working with risks. Since in many cases it is necessary also to consider the opposite criteria when deciding on a problem, we used both simple methods (linear and tree) and multi-criteria tool – the DSS in the work [36] when working with risks, for each component, the process of production and the entire power plant.

When deciding on specific items, we used both partial risks of critical components and systems and their interconnection, as well as integrated process risks and integral risk of the whole. We considered all the risk sources listed in chapter above, determined their sizes for the above items that had the parameters required by the standards. For all relevant risk sources (in accordance with focus, we have considered the eight most common combinations of external risk sources) we have identified the threat size for the 1000-year interval for quiet sites (the size of risk sources of all kinds is acceptable and calculated in all construction and design standards), places at risk (with one to two larger sources of risk not foreseen in building and design standards) and critical sites (multiple sources of major risks, which is not foreseen in building and construction standards).

In the case of the second and third cases, the designer needs to think as follows:

1. Can I eliminate the hazard?
2. Can I reduce the size of this hazard?
3. Cannot I create a new hazard with the proposed measures to manage this hazard?
4. What technical and control systems are required to manage the hazard that is left?

In order to manage the SCPS safety according to [12, 19] within the design it is necessary to create:

- conditions for shaping the culture of safety in the operation of the SCPS, which is implemented by: compliance with safety rules and procedures; the responsibilities of the managers; workplace running reporting systems; workplace audits; communication with employees; a proactive approach to risk management; taking care of a safe workplace, communications on safety, and training the employees.,
- the right loss prevention policy implemented by safety management (higher priority than reliability),
- a clear division of responsibilities (consistency between competences and responsibilities is important),
- the distribution of equipment, components and systems according to criticality,
- operating regulations for normal, abnormal and critical conditions,
- correct modes for the operation of equipment, components and systems, especially critical ones,
- summary of critical assets - their limits and conditions and requirements for risk-based inspections (RBI),
- maintenance plan (preventive and forecasting for critical equipment, components and systems),
- modernization and renewal of equipment, components and systems, especially critical ones,
- a program of non-destructive tests of critical equipment,
- emergency (contingency) plans,
- a continuity plan that ensures the survival of the SCPS (mainly its critical items) under extreme conditions.

On the basis of above knowledge and experiences from practice [25,37], the technique for compilation of a risk-based design we propose by such way:

1. To establish a list of components and systems that comply with the standards and will be combined into sub-units.
2. For all items in the list of components and systems (point 1), to determine the limits and conditions from the point of view of their operation in a particular territory with regard to: the material from which they are made; demands on uptime; the working mode in which they will work; human factor; and possible other risks (internal fire or explosion and external risks).
3. For all items in the list of components and systems (point 1), to determine for the site-specific sources of risks determined by considering the All-Hazard-Approach, the sizes and characteristics of the partial risks.
4. For all risk sources (point 3) to determine impact scenarios; and when some risk impacts are not acceptable, it is necessary to increase the material and construction requirements so that these risks may be acceptable.
5. To establish the component interconnections and model of their interconnections, which meets standards and inherent safety requirements.
6. For all interconnections (point 5) to determine the limits and conditions from the point of view of their material composition, method of execution (loose, tight, or complex), methods of interconnection (welds, screws, rivets, seals, etc.) and the realization of possible other risks (internal fire or explosion, human factor and external risks).
7. For the risk sources (point 3) to determine impacts scenarios of partial risks for all interconnections and integrated risk for whole made up from jointed components; when the partial risks and integrated risk of whole made up from jointed components are not acceptable, it is necessary to increase requirements on material and construction of components interconnections so that these risks may be acceptable.
8. For the risk sources (point 3) to determine for the entire production process the process impact scenarios showing the integrated risk manifestation. In the case that the integrated risk is not acceptable, to increase the demands on design of: components of production process; working regime; and operators, so that the risks may be acceptable.

9. For the risk sources (point 3) to determine integral risk. If the risk is only conditionally acceptable (ALARP), then make modifications to the technology that will allow an immediate quality response that will ensure a return to normal state. In case of unacceptable risk, it is necessary to return to the adjustment of partial risks of components, systems and their interconnection (planned and even those that arise in the realization of sources of major risks) and the introduction of the principle of fail safely.
10. Considering the risk sources (point 3) to specify requirements for the steering system, that is for both, the I&C and the operators under normal, abnormal and critical conditions.

The above procedure of generation of SCPS risk-based design was tested with success at seven medium SCPS [25,37].

7. CONCLUSION

The quality of SCPS design predetermines its safety throughout the operation. Examples from practice show that some errors, such as underestimation of foundation conditions or some errors in terms of references, cannot be removed after the construction completion and commissioning. They pose a danger under certain conditions (e.g. at flood or earthquake) and can only be mitigated by organizational measures that entail additional costs and do not have the ability to ensure safety level as correct measures at design stage [13,14,25].

The above-summarized knowledge and results of study of SCPS accidents and failures show that basis for ensuring the facilities safety at required life cycle is knowledge of: regulations (legislation, norms, standards) in context; risks in the site to which the technical facility is placed; technical system, which constitutes a technical facility; models and theories associated with accidents; methods of analysis, management and settlement of risks; and way of management that operator might use after commissioning (finance, human resources, organization, technology, innovation...).

Furthermore, it is necessary for all those involved to respect the public interest, to participate in building the safety culture and for managers to motivate employees to do quality work, even by their own example, as shown by the so-called "golden rules of safety" [29]. The grounds need to be inserted into the design.

An analysis of environmental development as well as development of political, social and economic situation in the world shows the need to be prepared for the resolution of cases and actions that will cause critical situations with impacts intensities higher than these today. In order to manage realization of risks which are inherent in present world using the adequate forces, resources and means, it should be had: principles for managing the emergencies and critical situations, especially those of a large range; allocation of resources; and allocation of responsibilities. The risk management plan is tool that gives overview on measures, the person who execute them and the responsible person for execution.

Since the design of a SCPS is complex, the Process Safety Management (PSM) should be required for rational management of each process and for complete management is required the Safety Management System (SMS) [13,16,29] for rational management of each process. For practice, twelve methodologies for public administration are presented at work [33]. Most of these methodologies can also be used for SCPS in the event of external risk sources. For internal sources of risk, specific investigations should always be carried out or procedures should always be applied to analogue SCPS where the conditions for technology transfer are met [38].

The results of the study [12,36,37] show that designer' competences are very important for: the application of the results of methods of risk analysis and evaluation; implementation of the methodology for analysing and assessing the risks adapted to the problem; emergency and crisis management; analysis of situations / activities / accidents; the transformation of policy into a real action; the conversion of accident statistics into action plans; strategic planning; hierarchy of problems; finding the right information and learning; critical analysis; designing the right solutions; communication; carrying out synthesis and adapting the wording intended for the public; and ethics.

At each decision in favour of safety it should be remembered: all factors and processes that can be dangerous and how often they can occur; how large their impacts can be; how the size of the impacts or frequency of occurrence can be reduced; whether the proposed measures cannot be a source of new hazards; and which technical and control systems can be controlled by hazards that cannot be prevented.

Finally, it should be noted that, in line with the results at work [14], it is essential what is the political will to create a system to protect against unacceptable impacts of harmful phenomena, i.e. natural and other disasters. An analysis of environmental development as well as the development of the political, social and economic situation in the world shows the need to prepare for the resolution of cases and actions that will cause critical situations by the intensity of impacts, and these are phenomena that do not today have such cruelty (severity) in the followed territory. Therefore, in terms of human security, the development of the human system, the existence, stability and development of the State, the concept of human safety and the subsequent concept of development must be codified and implemented through the management of safety into practice. In order to manage the realization of the risks, which are inherent in the present world using adequate forces, resources and means, it should be had: management principles for managing emergencies and critical situations, especially those of a large range; allocation of resources; and allocation of responsibilities.

The research showed that:

- each technical facility design has a certain danger. The designer art is to select such solution that is optimal, i.e. it is sufficiently safe and it is possible to realize with regard to investor and public administration options. The near the same holds for manufacturer's skill (craftsmanship) at realization,
- impressive and low robust designs with insufficient safety margins often fail sooner or later,
- wrongly determined limits and conditions for critical technical facility parts lead to frequent disturbances up to serious accidents; they are not able to react to condition changes.

The analysis of accessible legislations [25] revealed that rules in force do not require to follow operation process safety in designing, and this occasionally leads to problems at operation, which is revealed e.g. in [19]. Based on authors' experiences from practice [25,37], they compiled procedure for generation of SCPS risk-based design. There is continued the procedure implementation in practice and its improvement.

REFERENCES

- [1] ALE, B., I. PAPAZOGLU and E. ZIO. Reliability, Risk and Safety. London: Taylor & Francis Group 2010, 2448 p. ISBN 978-0-415-60427-7.
- [2] BEER, M. and E. ZIO. Proceedings of the 29th European Safety and Reliability Conference. Singapore: ESRA 2019, e:enquiries@rpsonline.com.sg. ISBN 978-981-11-2724-3.
- [3] BÉRENGUER, C., A. GRALL and C. GUEDES SOARES. Advances in Safety, Reliability and Risk Management. London: Taylor & Francis Group 2011, 3035 p. ISBN 978-0-415-68379-1.
- [4] BRIŠ, R., C. GUEDES SOARES and S. MARTORELL. Reliability, Risk and Safety. Theory and Applications. London: CRC Press 2009, 2362 p. ISBN 978-0-415-55509-8.
- [5] CEPIN, M. and R. BRIS. Safety and Reliability – Theory and Applications. London: Taylor & Francis Group 2017, 3627 p. ISBN 978-1-138-62937-0.
- [6] HAUGEN, S., J. VINNEM, A. BARROS, T. KONGSVIK and A. VAN GULIJK. Safe Societies in a Changing World. London: Taylor & Francis Group 2018, 3234p.; <https://www.ntnu.edu/esrel2018>. ISBN 978-1-351-17466-4.
- [7] IAPSAM. Probabilistic Safety Assessment and Management Conference. Helsinki: IPSAM & ESRA 2012, 6889 p. ISBN 978-1-62276-436-5.
- [8] NOWAKOWSKI, T., M. MLYŃCZAK, A. JODEJKO-PIETRUCZUK and S. WERBIŃSKA-WOJCIECHOWSKA. Safety and Reliability: Methodology and Application. London: Taylor & Francis Group 2014, 2453 p. ISBN 978-1-138-02681-0.
- [9] PODOFILLINI, L., B. SUDRET, B. STOJADINOVIC, E. ZIO and W. KRÖGER. Safety and Reliability of Complex Engineered systems: ESREL 2015. London: CRC press 2015, 4560 p. ISBN 978-1-138-02879-1.
- [10] STEENBERGEN, R., P. VAN GELDER, S. MIRAGLIA and A. TON VROUWENVELDER. Safety Reliability and Risk Analysis: Beyond the Horizon. London: Taylor & Francis Group 2013, 3387 p. ISBN 978-1-138-00123-7.
- [11] WALLS, L., M. REVIE and T. BEDFORD. Risk, Reliability and Safety: Innovating Theory and Practice: Proceedings of ESREL 2016. London: CRC Press 2016, 2942 p. ISBN 978-1-315-37498-7.
- [12] PROCHAZKOVA, D., PROCHAZKA, J., LUKAVSKY, J., BERAN, V., and V. SINDLEROVA. Management of Risks of Processes Connected with Manufacturing and Commissioning Technical Facility. Praha: ČVUT 2019, 207p. <http://hdl.handle.net/10467/84466>
- [13] PROCHAZKOVA, D. Safety of Complex Technological Facilities. Saarbruecken: Lambert Academic Publishing 2015, 244 p. ISBN 978-3-659-74632-1.
- [14] PROCHAZKOVA, D. Principles of Management of Risks of Complex Technological Facilities. Praha: ČVUT 2017, 364p. <http://hdl.handle.net/10467/72582>. ISBN 978-80-01-06180-0, e-ISBN 978-80-01-06182-4.
- [15] PROCHÁZKOVÁ, D. Critical Infrastructure Safety. Praha: ČVUT 2012, 318 p. ISBN 978-80-01-05103-0.
- [16] PROCHÁZKOVÁ, D. Principles of Management of Critical Infrastructure Safety. ČVUT, Praha 2013, 223 p. ISBN 978-80-01-05245-7.
- [17] PROCHÁZKOVÁ, D. Challenges Connected with Critical Infrastructure Safety. Saarbruecken: Lambert Academic Publishing 2014, 218p. ISBN 978-3-659-54930-4.
- [18] PROCHÁZKOVÁ, D. Risks Connected with Disasters and Engineering Ways of Their Managements. Praha: ČVUT 2014, 234 p. ISBN 978-80-01-05479-6.
- [19] PROCHÁZKOVÁ, D., PROCHÁZKA, J., LUKAVSKÝ, J., DOSTÁL, V., PROCHÁZKA, Z. and OUHRABKA, L. Management of Risks of Processes Connected with Technical Facilities Operation during

- Life Cycle. Praha: ČVUT, 465 p. <http://hdl.handle.net/10467/85867> doi:10.14311/BK.9788001066751. ISBN 978-80-01-06675-1.
- [20] PROCHAZKOVA, D. Analysis and Coping with Risks Connected with Technical Facilities. Praha: CVUT 2018, 222 p. <http://hdl.handle.net/10467/78442>
- [21] FEMA. Guide for All-Hazard Emergency Operations Planning. State and Local Guide (SLG) 101. Washington: FEMA 1996.
- [22] RAUSAND, M. Reliability of Safety-Critical Systems: Theory and Applications. John Wiley & Sons 2014.
- [23] EPSTEIN, W. Not Losing to the Rain: What I Learned when I Learned about Onagawa. In: Safety and Reliability of Complex Systems. London: Taylor & Francis Group 2015, pp. 365-371.
- [24] REASON, J. Human Error. Cambridge: University Press 1990.
- [25] CVUT . Database on World Disasters, Technical Entities Accidents and Failures – Causes, Impacts and Lessons Learned. Praha: CVUT 2021.
- [26] EU. Council Directive 82/501/EEC of 24 June 1982 on the Major-Accident Hazards of Certain Industrial Activities. Brussels: EU 1982.
- [27] IAEA. Safety Guides and Technical Documents. Vienna: IAEA 1954–2020. www.ns.iaea.org/standards
- [28] COMAH. Safety Report Assessment Manual: COMAH. London: UK – HID CD2 London 2002, 570 p.
- [29] OECD. Guidance on Safety Performance Indicators. Guidance for Industry, Public Authorities and Communities for developing SPI Programmes related to Chemical Accident Prevention, Preparedness and Response. Paris: OECD 2002, 191p.
- [30] HEIKKILÄ, A. M. Inherent Safety in Process Plant Design. An Index-Based Approach. Helsinki: VIT 1999, 132 p.
- [31] KLETZ, T. Process Plants: A Handbook for Inherently Safer Design CRC. London: Taylor & Francis Group 1998.
- [32] INSAG. Defence in Depth in Nuclear Safety. INSAG-10. Vienna: IAEA 1996.
- [33] PROCHAZKOVA, D. Methods, Tools and Techniques for Risk Engineering. Praha: CVUT 2011, 369p.
- [34] ZAIRI, M. Total Quality Management for Engineers. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd. 1991.
- [35] ISO. Risk Management – Principles and Guidelines. ISO 31000:2009.
- [36] PROCHAZKOVA, D and J. PROCHAZKA. Risk Management at Technical Facilities Designing, Building and Commissioning. Praha: ČVUT 2020. dspace.cvut.cz. <http://hdl.handle.net/10467/87491>, <https://doi.org/10.14311/BK.9788001067161>. ISBN 978-80-01-06716-1.
- [37] PROCHAZKOVA, D and J. PROCHAZKA. Tool for Risk Reduction at Specific Component Aircraft Engine Welding. In: Proceedings of International European Safety and Reliability Conference, ESREL2018. London: Taylor & Francis Group 2018; <https://www.ntnu.edu/esrel2018>; pp. 3135-3142. ISBN: 978-1-351-17466-4.
- [38] PROCHÁZKOVÁ, D. Examination of Core of Complaints and Conflicts Concerning Technical Solutions.: Kontrola MSK ČR, v. 5, No 6, 1992. MSK ČR Praha, 95 p.

ACKNOWLEDGEMENT

Author thanks for support of project PRKODI, financed by the TAČR No. CK01000095.

Recenzoval

Jana Victoria Martincová Ing. Ph.D., ÚSI VUT v Brně, odborný pracovník, Purkyňova 464/118, Brno, tel.: 541 148 936, jana.victoria.martincova@usi.vutbr.cz

VNÍMÁNÍ RYCHLOSTI VOZIDLA CHODCI

PERCEPTION OF VEHICLE SPEED BY PEDESTRIANS

Martin Rak¹

Abstrakt

Při řešení dopravních nehod nelze vždy ihned jednoznačně zjistit příčinu a je tedy nutný sběr všech dostupných skutečností vedoucích k jejímu vzniku. K tomu jsou mimo jiné zapotřebí i výpovědi svědků, kteří nebyli přímo účastníky dopravní nehody. Mezi takové svědky patří například chodci a ve výpovědích je po nich požadován odhad rychlosti vozidel před kolizí. Právě vnímání rychlosti vozidla chodcem je tématem tohoto příspěvku. Věrohodnost svědeckých výpovědí úzce souvisí s vnímáním člověka. U nehod vyžadujících provedení analýzy může v případě nedostatečného množství podkladů nastat problém se stanovením rychlostí vozidel, která se dopravní nehody účastnila. Možným podkladem pro řešení tohoto problému jsou výpovědi svědků a účastníků dopravních nehod. Tyto výpovědi obsahující odhady rychlostí vozidel bývají zpravidla velmi subjektivní a závislé na mnoha faktorech, což způsobuje jejich odlišnost od reálných hodnot. Tato nepřesnost má negativní vliv na analýzu dané dopravní nehody.

Abstract

When dealing with traffic accidents, it is not always possible to determine the cause right away and it is therefore necessary to collect all available data leading to it. This requires the testimony of witnesses who were not directly involved in the accident. Such witnesses include, for example, pedestrians and are required to give an estimate of the speed of vehicle before the collision. It is the perception of vehicle speed by pedestrians that is the topic of this paper. The credibility of witness statements is closely related to human perception. In the event of insufficient evidence, there may be a problem in determining the speeds of the vehicles involved in the accident. One of the possible bases for solving this problem are the testimonies of witnesses and participants in traffic accidents. These statements are usually very subjective and dependent on many factors, which vary from real values. This inaccuracy has a negative effect on the traffic accident analysis.

Klíčová slova

Vnímání rychlosti; vozidlo; chodec; vnímání; rychlost

Keywords

Speed perception; vehicle; pedestrian; perception; speed

1. ÚVOD

Rychlost vozidel je důležitou veličinou potřebnou pro správnou analýzu dopravní nehody. Pro zjištění rychlostí vozidel, která byla účastníky dané nehody, se často využívá svědeckých výpovědí. Ty jsou však subjektivní a zřídka odpovídají skutečným hodnotám. Z provedených studií vyplývá, že na vnímání rychlosti měla vliv pozice svědka, například jestli v době nehody řídil, jel jako spolujezdec, byl v pozici chodce nebo dokonce cyklisty [1], [3]. Například vysoký posed, jako je u vozidel s karoserií typu SUV, způsobuje podhodnocování rychlosti vozidla [5]. Dalšími významnými faktory ovlivňujícími vnímání byly vnější okolnosti, jako je typ vozidla, parametry silniční komunikace, viditelnost nebo povětrnostní podmínky. Důležité jsou také okolnosti specifické pro daného svědka, jako jsou například jeho věk nebo řídičské zkušenosti [6].

Za účelem simulace svědeckých výpovědí v případě dopravní nehody, kdy je po účastnících a svědcích požadována výpověď mimo jiné zahrnující odhad rychlostí vozidel před kolizí, byla navržena a provedena série měření, kdy od respondentů byly získány odhady rychlostí vozidel v běžném provozu a také skutečné rychlosti předmětných vozidel. Odhady rychlostí byly poté vyhodnocovány v závislosti na různých faktorech ovlivňující smyslové vnímání člověka.

2. VYHODNOCENÍ ODHADŮ

Odhady byly vyhodnoceny v závislosti na různých faktorech:

- vzhledem k hlasitosti jízdy,
- vzhledem k typu karoserie vozidel, u kterých byla rychlost odhadována,

¹ Martin Rak, Ing., Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, martin.rak@usi.vutbr.cz

- vzhledem ke stanovené rychlosti na měřeném úseku – 30 km/h, 50 km/h, 90 km/h,
- vzhledem ke zkušenostem respondentů,
- vzhledem k pohlaví respondentů – **muži vs ženy**,
- vzhledem k tomu, kdy bylo ohlášeno vozidlo, u kterého byla rychlost odhadována, jestli **před nebo po** projetí vozidla měřeným úsekem,
- vzhledem k počasí,
- vzhledem ke sluchovému omezení respondentů.

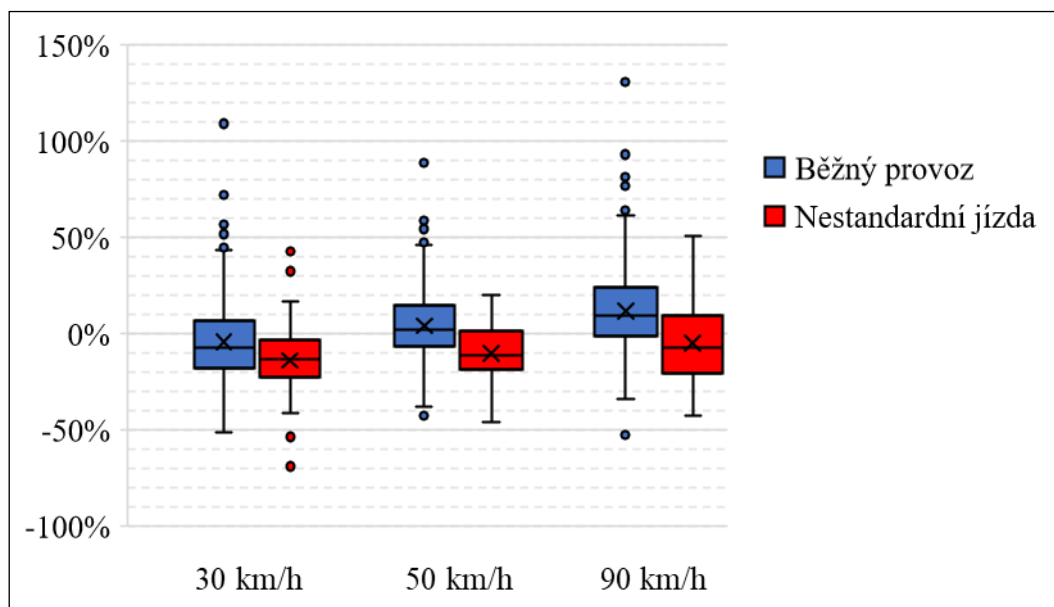
U všech měření byly srovnatelné povětrnostní podmínky – oblačno až polojasno, bezvětrí, teplota cca 15 °C. Výjimkou bylo druhé měření na úseku se stanovenou rychlostí 50 km/h, které probíhalo za deště. Pouze pro tento úsek jsou tedy porovnávány výsledky vzhledem k počasí.

Celkově byla naměřena rychlost 239 vozidel z toho 47 na úseku se stanovenou rychlostí 30 km/h, 94 vozidel na úseku se stanovenou rychlostí 50 km/h a 98 vozidel na úseku se stanovenou rychlostí 90 km/h. Z měření bylo získáno celkem 2090 odhadů, z toho 470 odhadů z úseku se stanovenou rychlostí 30 km/h, 790 odhadů rychlostí z úseku se stanovenou rychlostí 50 km/h a 830 odhadů z úseku se stanovenou rychlostí 90 km/h.

2.1 Závislost na hlasitosti jízdy

Měření se zúčastnili i dva řidiči, kteří měli za úkol projíždět měřeným úsekem nestandardní jízdou, konkrétně s nižším zařazeným převodovým stupněm, aby dosahovali vyšších otáček a zvuk motoru byl tedy hlasitější, než by byl u standardního stylu jízdy. Celkem bylo vyhodnoceno 273 odhadů rychlostí vozidel ze 30 nestandardních jízd.

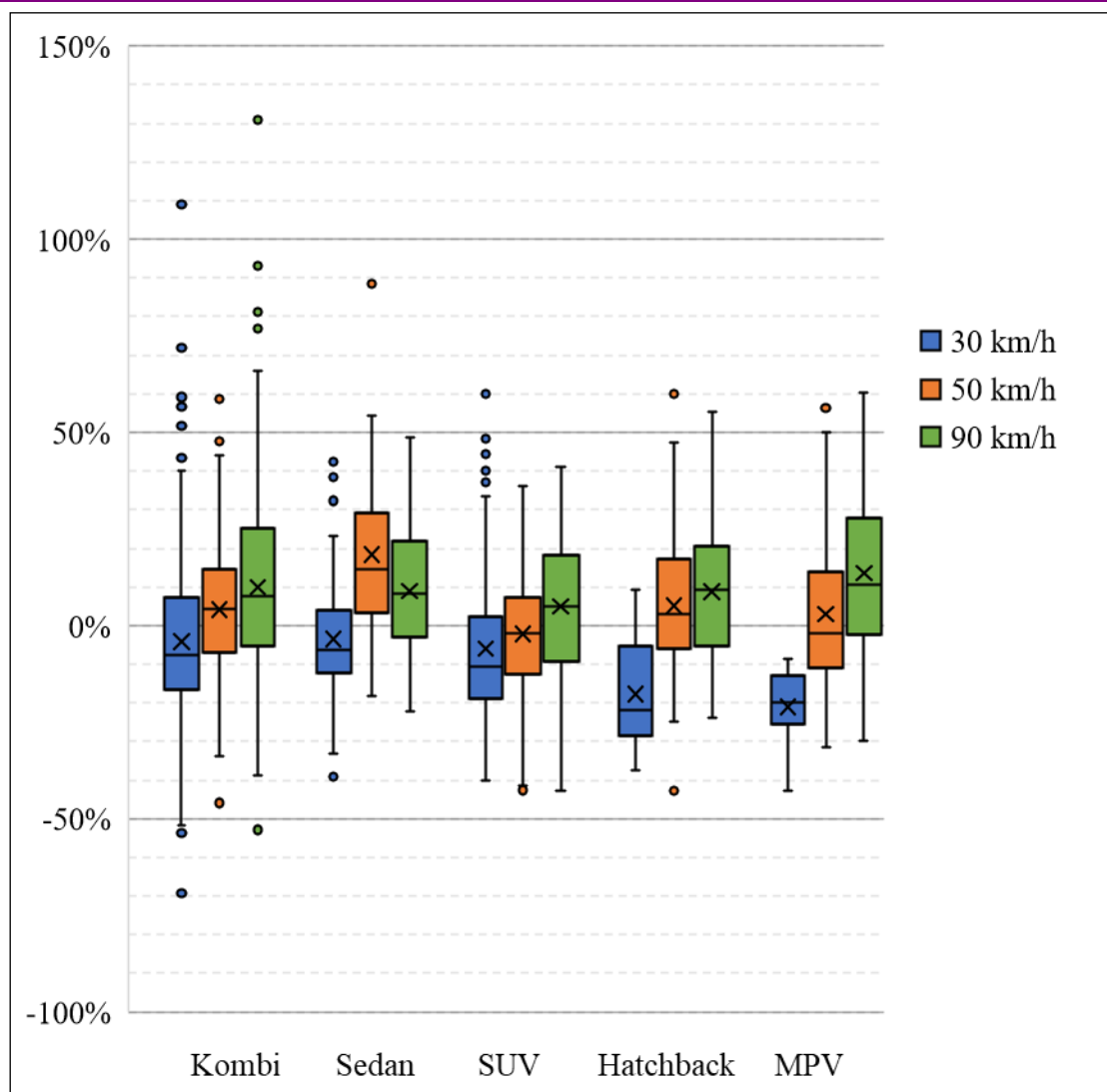
V případech, kdy byl hluk motoru dominantní složkou celkového hluku vozidla, byla rychlost vozidel podhodnocována. To je patrné z **Graf č. 1** Chyba! Nenalezen zdroj odkazů., který porovnává rozptyly odhadů rychlosti vozidel jedoucí standardním a hlasitým stylem jízdy.



Graf č. 1 – Krabicový graf porovnání rozptylu odhadů dle hlasitosti jízdy [4]

2.2 Závislost na typu karoserie

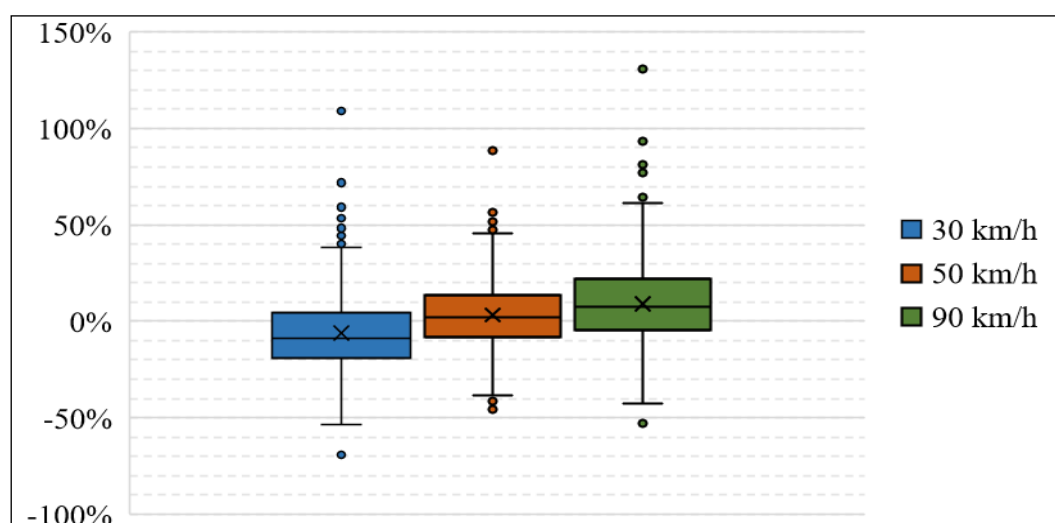
Na **Graf č. 2** jsou zobrazeny rozptyly odhadů podle typu karoserie rozdělené podle stanovené rychlosti na daném úseku. Z grafu vyplývá, že s rostoucí stanovenou rychlostí i rostoucí rychlostí projíždějících vozidel, rostla i tendence respondentů nadhodnocovat rychlosti měřených vozidel. Jedinou výjimkou byly odhady rychlostí u vozidel s karoserií typu sedan, u kterých byly rychlosti nejvíce nadhodnocovány na úseku se stanovenou rychlostí 50 km/h. Mimo tuto výjimku byla ale právě na tomto úseku nejvyšší úspěšnost odhadů.



Graf č. 2 – Krabicový graf rozptylů podle typu karoserie [4]

2.3 Závislost na stanovené rychlosti

Graf č. 3 porovnává rozptyly odhadů rychlostí vozidel na jednotlivých úsecích. Z grafu je patrná rostoucí tendence nadhodnocovat rychlosti vozidel s rostoucí stanovenou rychlostí.

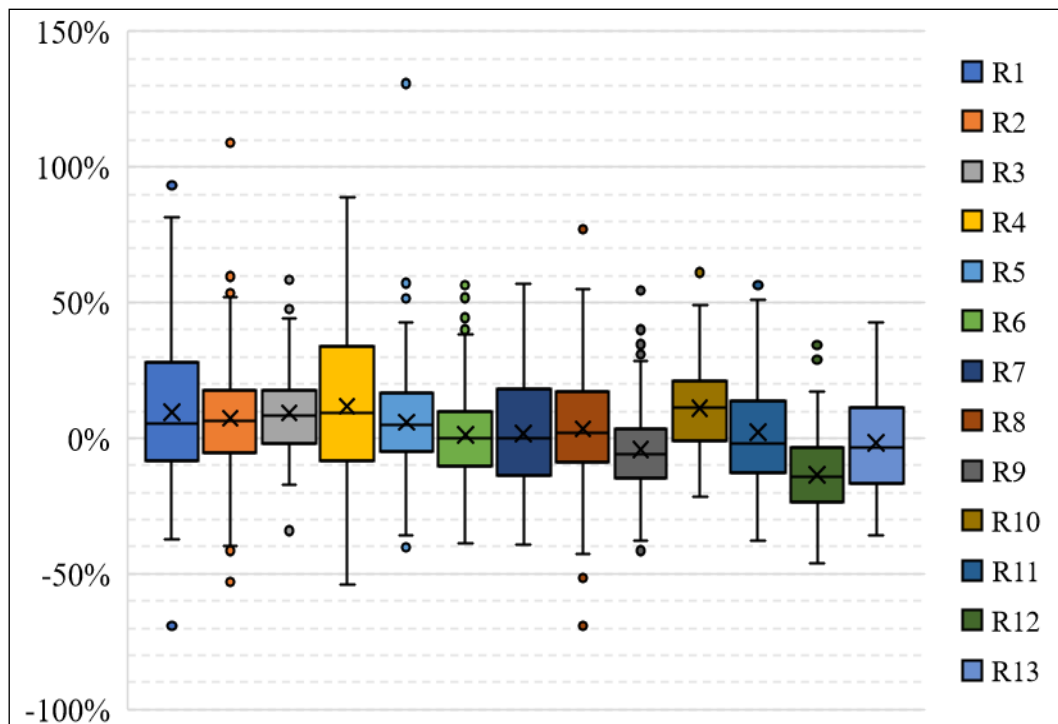


Graf č. 3 – Krabicový graf rozptylů podle stanovené rychlosti [4]

Nejvyšší úspěšnost odhadů byla v úseku se stanovenou rychlostí 50 km/h. To mohlo být způsobeno tím, že se jedná o nejčastější stanovenou rychlost v oblastech, kde se pohybují chodci. Jedná se tedy i o chodci nejvíce pozorovanou rychlost vozidel, což může mít vliv na úspěšnost odhadů rychlosti. Překvapivě nejnižší úspěšnost byla u odhadů rychlosti vozidel v zóně se stanovenou rychlostí 30 km/h. To bylo pravděpodobně zapříčiněno nižšími rychlostmi a tím pádem nižší tolerancí v km/h pro klasifikaci odhadů jako správných.

2.4 Závislost na zkušenostech respondentů

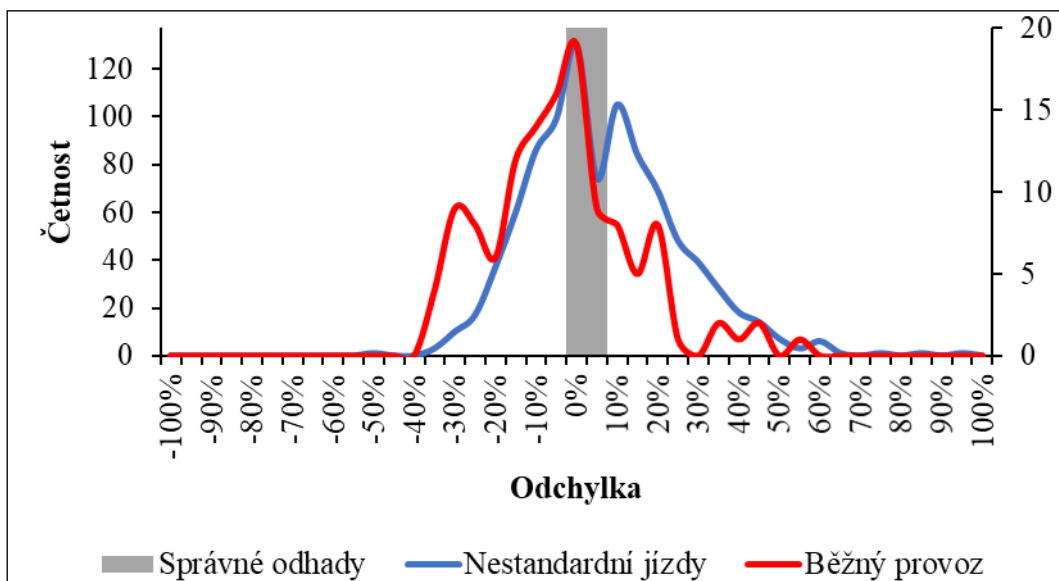
Nejúspěšnější byl respondent, který ročně ujede cca 10 000 km, ten měl celkově 27,3 % úspěšných odhadů. Respondenti, kteří ročně ujedou více než 20 000 km, dosahovali srovnatelné úspěšnosti (kolem 18 %) jako respondenti, kteří ročně ujedou méně než 1 000 km. **Graf č. 4** porovnává jejich úspěšnosti na úsecích s rozdílnou stanovenou rychlostí. Z nasbíraných dat nebyla zjištěna žádná souvislost mezi úspěšností odhadů a řídicími zkušenostmi respondentů.



Graf č. 4 – Krabicový graf rozptýlů odhadů jednotlivých respondentů [4]

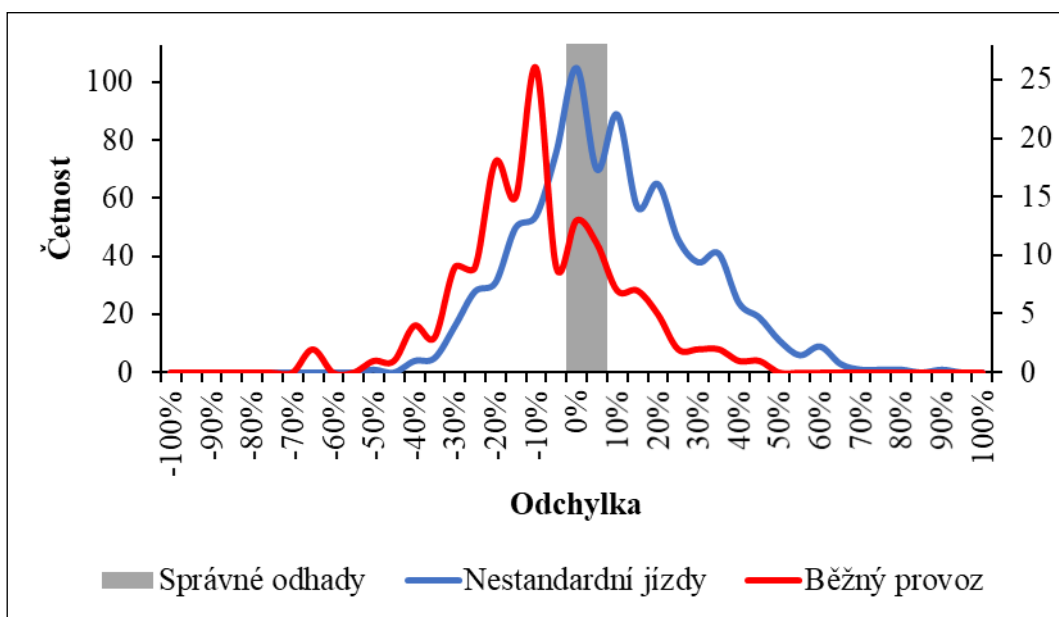
2.5 Závislost na oznámení pozorovaného vozidla

Graf č. 5 porovnává četnosti odchylek odhadů rychlosti vozidel ohlášených před průjezdem vozidla měřeným úsekem vzhledem k nestandardně hlasitému stylu jízdy. Znovu se zde projevil vliv nestandardní jízdy na zvýšené četnosti podhodnocených odhadů.



Graf č. 5 – Porovnání četností odchylek odhadů rychlosti běžného provozu a nestandardních jízd u vozidel ohlášených před průjezdem [4]

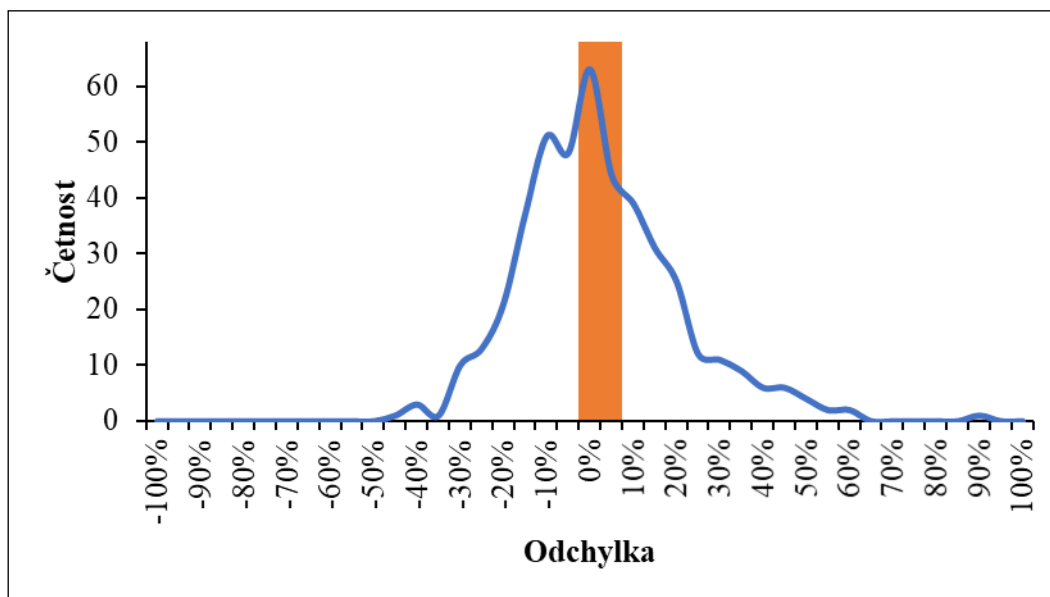
Graf č. 6 poskytuje porovnání četností odchylek odhadů rychlosti vozidel vzhledem ke stylu jízdy, tentokrát u vozidel, která byla ohlášena po projetí měřeným úsekem. Je zde patrná dokonce vyšší tendence podhodnocovat rychlosti vozidel, než tomu bylo v případě vozidel nahlášených předem. Tyto extrémní jízdy byly zřejmě i důvodem nižší úspěšnosti odhadů rychlosti pro vozidla ohlášená po projetí, což může svědčit o tom, že u zpětných odhadů rychlostí je hluk vozidla dominantní složkou vnímání rychlosti.



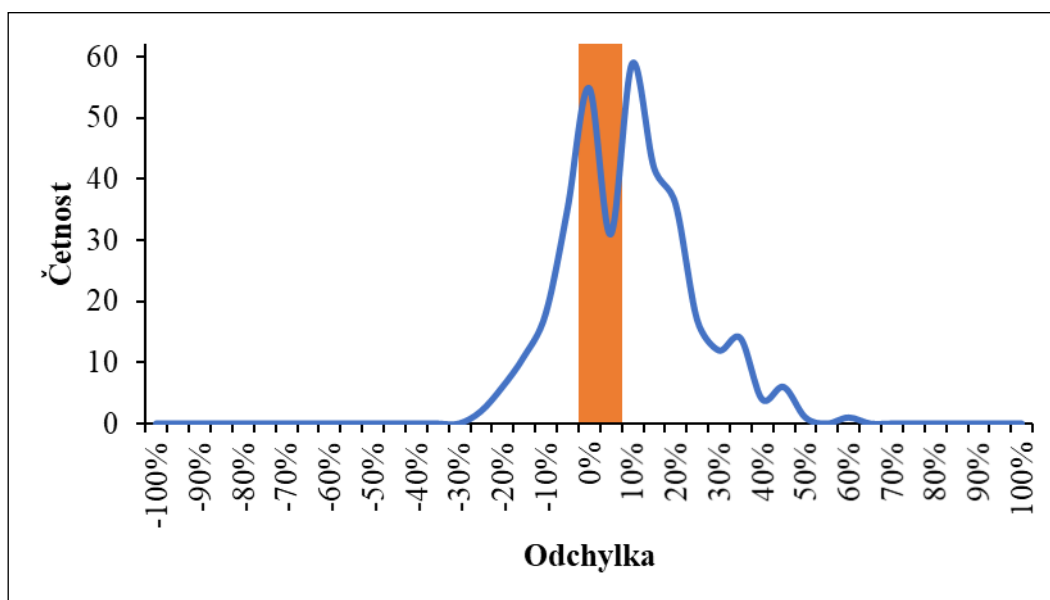
Graf č. 6 – Porovnání četností odchylek odhadů rychlosti běžného provozu a nestandardních jízd u vozidel ohlášených po průjezdu [4]

2.6 Závislost na počasí

Grafy č. 7 a **Graf č. 8** zobrazují odchylky odhadů rychlostí vozidel při polojasnu a za deště. Z porovnání těchto dvou grafů vyplývá, že zatímco při polojasnu byly rychlosti vozidel podhodnocovány, za deště byly naopak nadhodnocovány.



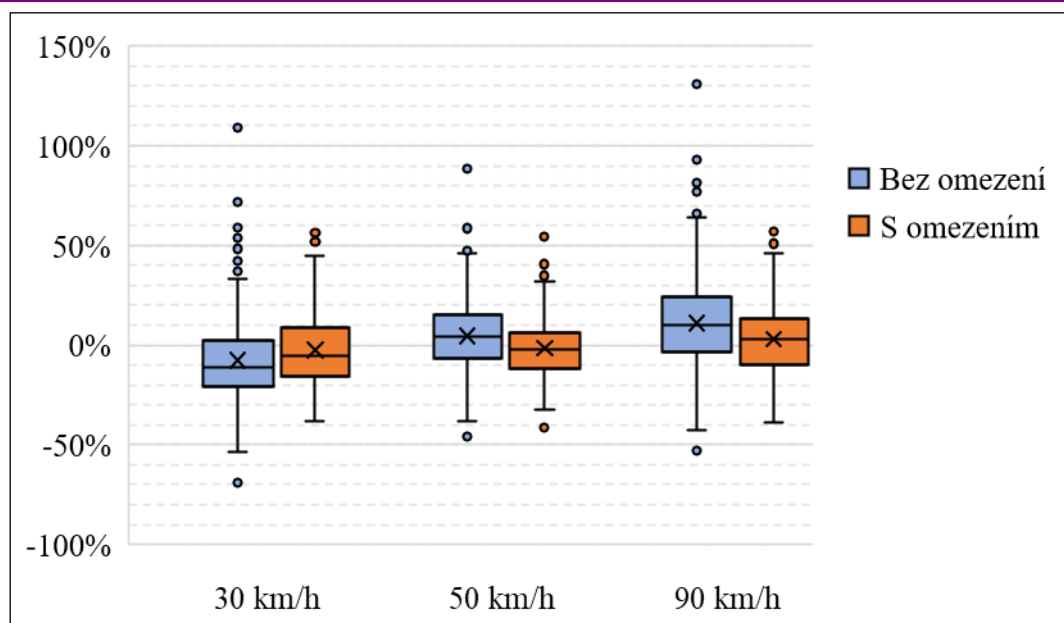
Graf č. 7 – Histogram odchylek odhadů rychlosti při polojasnu [4]



Graf č. 8 – Histogram odchylek odhadů rychlosti za deště [4]

2.7 Závislost na omezení sluchového vjemu

Z Graf č. 9 je zřejmé, že již zmiňovaná tendence nadhodnocovat rychlosti vozidel, která roste s rostoucí stanovenou rychlostí, je nejvíce znatelná právě u respondentů mimo vozidlo, a tedy bez omezeného sluchového vnímání. Z toho vyplývá, že zvyšující se aerodynamický hluk způsobuje nadhodnocování rychlostí vozidel. Naopak z porovnání rozptýlů odhadů rychlosti vozidel v zóně se stanovenou rychlostí 30 km/h plyne, že hluk motoru převažující v nízkých rychlostech způsobil podhodnocování rychlosti vozidel, i když už ne tak výrazně.



Graf č. 9 – Krabicový graf odhadů dle sluchového omezení respondentů [4]

3. ZÁVĚR

Data získaná z provedených měření byla vyhodnocena vzhledem k určeným faktorům ovlivňujícím vnímání rychlosti vozidla chodcem. Z celkových 2090 získaných odhadů bylo 20,5 % úspěšných, tedy s odchylkou maximálně $\pm 5\%$ od naměřené rychlosti vozidla. V celkovém součtu byly rychlosti vozidel nadhodnocovány s průměrnou odchylkou odhadů 3,4 % od naměřené rychlosti. Dílčí vyhodnocení v závislosti na různých vlivech vedlo k následujícím závěrům:

- Rychlosti vozidel běžného provozu, byly nadhodnocovány s průměrnou odchylkou odhadů 5,2 %, naopak rychlosti vozidel jedoucích nestandardně hlasitou jízdou byly podhodnocovány s průměrnou odchylkou odhadů 9 %.
- Rychlosti vozidel jedoucích nestandardně hlasitou jízdou byly podhodnocovány na všech měřených úsecích, a to až o 10 % více než rychlosti vozidel běžného provozu. Rozdíl v odhadech rychlostí běžných a nestandardních jízd rostl úměrně s jejich rychlostí, tedy nejzřetelnější byl na úseku se stanovenou rychlostí 90 km/h.
- Z vyhodnocení nevyplynula žádná souvislost mezi rozměry nebo tvary karoserie.
- Čím vyšší byla stanovená rychlost na daném úseku, tím více byly rychlosti vozidel nadhodnocovány.
- Nepotvrdily se žádné vazby mezi zkušenostmi respondentů a přesností odhadů rychlosti. Nejúspěšnější byl respondent, který ročně ujede cca 10 000 km, který měl 27,3 % úspěšných odhadů. Respondenti, kteří ročně ujedou více než 20 000 km, dosahovali srovnatelné úspěšnosti (kolem 18 %) jako respondenti, kteří ročně ujedou méně než 1 000 km.
- Zatímco ženy měly tendenci rychlosti vozidel spíše nadhodnocovat, muži měli naopak tendence rychlosti podhodnocovat. Rychlosti vozidel jedoucích nestandardně hlasitou jízdou obě skupiny respondentů podhodnocovaly.
- Odhady rychlostí zaznamenané před i po projetí vozidla měřeným úsekem vyšší než skutečné rychlosti vozidel, takže rychlosti vozidel byly srovnatelně nadhodnocovány v obou případech. Při srovnání odhadů rychlostí vozidel běžného provozu a nestandardně hlasitých jízd vyšlo najevo, že rychlosti vozidel jedoucích nestandardně hlasitě byly výrazně více podhodnocovány u vozidel nahlášených po projetí. Při odhadech z paměti byl hluk vozidla výrazně ovlivňujícím faktorem pro stanovení rychlosti.
- Za odlišných povětrnostních podmínek, konkrétně za deště a při polojasnu, byl podíl správných odhadů téměř stejný v obou případech, rychlosti vozidel za deště byly více nadhodnocovány s průměrnou odchylkou 7 %.
- Rychlosti vozidel běžného provozu byly respondenty se sluchovým omezením méně nadhodnocovány, z čehož lze vyvodit, že to byl právě aerodynamický hluk, který způsoboval nadhodnocování rychlostí.

- Nadstandardně hlasité jízdy byly naopak více podhodnocovány respondenty ve vozidlech, což bylo pravděpodobně zapříčiněno nedokonalou zvukovou izolací vozidel a tím pádem byly tedy rychlosti vozidel, které respondenti i přes omezení slyšeli, silně podhodnoceny.

Na vnímání rychlosti vozidel chodcem se nejvíce projevil hluk, což je patrné z porovnání odhadů vzhledem k omezení sluchového vjemu a vzhledem ke stylu jízdy. Z uvedených srovnání lze usuzovat, že zvyšující se aerodynamický hluk způsobuje nadhodnocování rychlosti vozidel a zvyšující se hluk motoru zase způsobuje naopak podhodnocování rychlosti vozidel. Oba tyto hluky mají negativní vliv na úspěšnost odhadů rychlosti.

Literatura

- [1] APASNORE, Peter; ISMAIL, Karim; KASSIM, Ali. Bicycle-vehicle interactions at mid-sections of mixed traffic streets: Examining passing distance and bicycle comfort perception. *Accident Analysis & Prevention*, 2017, 106: 141-148.
- [2] BRADÁČ, Albert a kol. *Soudní inženýrství*. Brno : CERM Akademické nakladatelství, s.r.o.. 1999. 725 s. ISBN 80-7204-133-9 (dotisk)
- [3] HURWITZ, David S.; KNODLER, Michael A.; DULASKI, Daniel M. Speed perception fidelity in a driving simulator environment. In: *Proceedings of the driving simulator conference North America*. 2005. p. 343-352.
- [4] RAK, Martin. *Vnímání rychlosti vozidla chodcem*. Brno, 2020. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/120323>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Odbor znaleství ve strojírenství, analýza dopravních nehod a oceňování motorových vozidel. Vedoucí práce Martin Bilík.
- [5] RUDIN-BROWN, Christina M. Vehicle height affects drivers' speed perception: Implications for rollover risk. *Transportation research record*, 2004, 1899.1: 84-89.
- [6] WU, Changxu, et al. An investigation of perceived vehicle speed from a driver's perspective. *PLoS one*, 2017, 12.10

Recenzoval

Albert Bradáč, Ing., Ph.D., Ústav soudního inženýrství, Purkyňova 464/118, Brno, bradac@usi.vutbr.cz

NEHODOVOST TRAMVAJÍ S OSOBNÍMI AUTOMOBILY V PRAZE ZA ROKY 2016 AŽ 2018

TRAM ACCIDENTS WITH CARS IN PRAGUE IN 2016 TO 2018

Jakub Seidl¹

Abstrakt

Ze společenského hlediska rostou požadavky na zvýšení bezpečnosti provozu a snížení rizika vzniku nehod železničních a silničních vozidel. Výzkum na zvýšení bezpečnosti tramvajových vozidel, který je realizovaný na Fakultě strojní ČVUT v Praze, má za cíl zvýšit aktivní a pasivní bezpečnost tramvajových vozidel. Prvky a systémy aktivní bezpečnosti mají za úkol snižovat riziko vzniku nehody a systémy pasivní bezpečnosti mají za úkol minimalizovat následky nehod. Jeden z prvků aktivní bezpečnosti je stav a bezpečnost tramvajových tratí, na kterých jsou tramvajová vozidla provozována.

První část článku je věnována vyhodnocení statistiky nehodovosti tramvajů s osobními automobily v hl. m. Praze za roky 2016 až 2018 s ohledem na viníka a následky nehod. Druhá část článku je věnována vyhodnocení míst častých dopravních nehod tramvajů s osobními automobily pomocí metody relativní nehodovosti.

Abstract

From a societal point of view, there are growing demands to increase traffic safety and reduce the risk of accidents of rail and road vehicles. Research to increase the safety of tram vehicles, which is carried out at the Faculty of Mechanical Engineering of the Czech Technical University in Prague, aims to increase the active and passive safety of tram vehicles. Components and systems of active safety are designed to reduce the risk of an accident and components and systems of passive safety are designed to minimize the consequences of accidents. One of the systems of active safety is the condition and safety of tram lines on which tram vehicles are operated.

The first part of the article describes the evaluation of accidents statistics of trams with cars in city Prague in Czech republic for the years 2016 to 2018 with regard to the culprit and the consequences of accidents. The second part of the article describes evaluation of frequent traffic accidents of trams with cars using the method of relative accidents.

Klíčová slova

Tramvajová vozidla; nehoda; statistika nehodovosti; osobní automobil; aktivní bezpečnost; místa častých dopravních nehod

Keywords

Tram vehicles; accident; accident statistics; car; active safety; places of frequent traffic accidents

1. ÚVOD

Moderní tramvajová doprava, zajišťována částečně nebo plně nízkopodlažními tramvajemi, patří k jednomu ze základních pilířů městské hromadné dopravy každého města s vyšším počtem obyvatel. Tramvajová doprava je nejčastěji využívána k rychlé přepravě cestujících z odlehlejších částí do centra města. Vzhledem k historické zástavbě center českých měst není možné, aby tramvaje jezdily po samostatném tělese odděleném od ostatních účastníků silničního provozu. Proto jsou vedeny v ulicích měst v těsné blízkosti ostatních účastníků provozu (osobních a nákladních automobilů, autobusů, chodců, atd...). Z důvodu potřeby změny směru jízdy dochází ke křížení tramvajových kolejí s jízdními pruhy ostatních účastníků provozu. Každé toto křížení zvyšuje riziko vzniku dopravní nehody tramvajů s jiným vozidlem. [1], [2]

Ze společenského hlediska jsou kladeny vyšší požadavky na bezpečnost silničního provozu a snížení rizika vzniku dopravních nehod. Bezpečnost vozidel lze obecně rozdělit do dvou základních skupin: aktivní a pasivní bezpečnost. Prvky a systémy aktivní bezpečnosti mají za úkol snížit riziko vzniku dopravní nehody. Prvky a systémy pasivní bezpečnosti mají za úkol minimalizovat následky nehod na cestujících a vozidlech. Mezi prvky aktivní bezpečnosti patří například dodržování pravidel silničního provozu účastníky silničního provozu a bezpečnost infrastruktury, na které jsou vozidla provozována. [1], [2]

¹ Jakub Seidl, Ing., ČVUT v Praze, fakulta Strojní, ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel, Technická 4, Praha 6, 160 00, jakub.seidl@fs.cvut.cz

První část článku je věnována vyhodnocení statistiky nehodovosti tramvajových vozidel s osobními automobily (dále jen OA) v hl. m. Praze za roky 2016 až 2018 s ohledem na viníky a následky nehod. Dále se článek věnuje stanovení míst častých dopravních nehod tramvají s OA na území hl. m. Prahy podle metody relativní nehodovosti. V závěru článku jsou zhodnoceny závěry výzkumu a navrženo řešení, které by mohlo vest ke snížení



Obr. 2 Nehoda tramvaje s osobním automobilem, zdroj: idnes.cz

nehodovosti tramvají s OA.

2. STATISTIKA NEHODOVOSTI TRAMVAJOVÝCH VOZIDEL NA ÚZEMÍ HL. M. PRAHY

Dopravní podnik hl. m. Prahy (dále jen DPP) poskytl, pro vytvoření statistiky nehodovosti, podklady k zaznamenaným nehodám tramvají s OA za roky 2016 až 2018. V tomto zkoumaném období bylo celkově zaznamenáno 3 216 nehod tramvají s OA. K jednotlivým nehodám DPP poskytlo tyto informace: datum a místo nehody, slovní popis nehody, příčina a viník nehody, popis kolizních vozidel a následky na zdraví účastníků nehody. [1], [3]

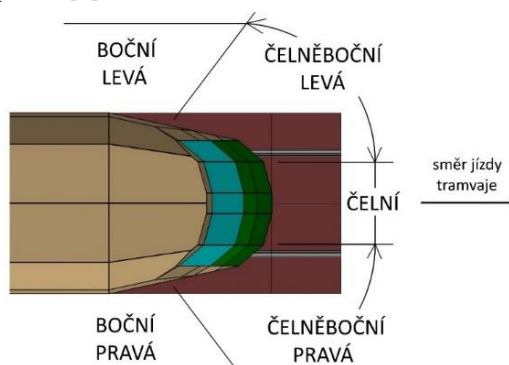
Tab. 1 Počet nehod v jednotlivých letech

Roky	2016	2017	2018	Celkem
Nehody	954	1143	1119	3216

Pro vyhodnocení statistiky nehodovosti byla stanovena tři vyhodnocovací kritéria, podle kterých byly jednotlivé nehody rozděleny do skupin: viník nehody, kolizní směr nehody a následky nehody na zdraví cestujících v OA. [1]

Kritérium viník nehody bylo zvoleno z důvodu zjištění, zda jsou nehody častěji způsobovány řidiči tramvají nebo řidiči OA. Zjištění této informace umožnilo lépe pochopit příčiny vzniku jednotlivých nehod a navrhnout řešení ke snížení rizika vzniku nehod. [1]

Kritérium kolizní směr nehody bylo zvoleno z důvodu vysokého vlivu směru nárazu na následky nehod. Při nárazu čel vozidel lze očekávat závažnější následky nehod než při nárazu boků vozidel. Kolizní směr nehod byl vyhodnocován vzhledem ke směru jízdy tramvaje (viz obrázek Obr. 3) a byl rozdělen do těchto kategorií: čelní, zezadu, čelněboční levá/pravá a boční leva/pravá. [1]



Obr. 3 Vysvětlení kolizních směrů, zdroj: [3]

Kritérium následky nehod na zdraví cestujících v OA bylo zvoleno z důvodu stanovení závažnosti jednotlivých typů nehod. U nehod se vyhodnocoval celkový počet cestujících uvnitř OA, kteří utrpěli zranění. Utrpěná zranění byla rozdělena do těchto kategorií: bez zranění, lehké zranění, těžké zranění a úmrtí. [1]

2.1 Vyhodnocení statistiky nehodovosti

V tabulce **Tab. 2** jsou uvedeny výsledky statistiky nehodovosti tramvajových vozidel s OA podle kritérií viník nehod a kolizní směr nehod.

Tab. 2 Vyhodnocení statistiky nehodovosti podle kolizního směru a viníka nehod

Kolizní směr		celkový počet nehod	viník řidič tramvaje	viník řidič tramvaje	viník řidič OA	viník řidič OA
		(-)	(-)	(%)	(-)	(%)
Čelní	-	556	42	7.6	514	92.4
Čelněboční	pravá	1 224	69	5.6	1 155	94.4
	levá	206	15	7.3	191	92.7
Boční	pravá	1 063	207	19.5	856	80.5
	levá	145	18	12.4	127	87.6
Zezadu	-	22	2	9.1	20	90.9
Celkem		3 216	353	11.0	2 863	89.0

V tabulce **Tab. 3** jsou uvedeny výsledky statistiky nehodovosti tramvajových vozidel s OA podle kritérií kolizní směr nehod a následky nehod na zdraví cestujících v OA.

Tab. 3 Vyhodnocení statistiky nehodovosti podle kolizního směru a následků nehod

Kolizní směr		celkový počet nehod	počet lehkých zranění	počet lehkých zranění	počet těžkých zranění	počet těžkých zranění	počet úmrtí	počet úmrtí
		(-)	(-)	(%)	(-)	(%)	(-)	(%)
Čelní	-	556	82	14.7	5	0.9	0	0.0
Čelněboční	pravá	1 224	66	5.4	2	0.2	0	0.0
	levá	206	6	2.9	0	0.0	0	0.0
Boční	pravá	1 063	5	0.5	0	0.0	0	0.0
	levá	145	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Zezadu	-	22	1	4.5	0	0.0	0	0.0
Celkem		3 216	160	28.1	7	0.2	0	0.0

Z výsledků statistiky nehodovosti tramvají uvedených v tabulkách **Tab. 2** a **Tab. 3** vyšel jako nejčastější kolizní směr čelněboční a boční pravý. Největší četnost nehod tohoto typu je dána rozložením komunikací pro tramvaje a silniční vozidla v městech České republiky, viz obrázek **Obr. 4**. Trať pro tramvajová vozidla je nejčastěji umístěna



Obr. 4 Rozložení komunikací pro tramvaje a silniční vozidla, zdroj: silnice-zeleznice.cz

uprostřed ulice a silniční komunikace je vedena po obou stranách tramvajové trati. [1]

Za více než 90 % čelních a čelněbočních nehod ve zkoumaném období nesli vinu řidiči OA. Tyto nehody byly nejčastěji způsobeny vjetím OA před souběžně jedoucí tramvaj při přejíždění přes tramvajový pás. Při těchto typech nehod došlo za zkoumané období k 154 (96 %) lehkým a 7 (100 %) těžkým zraněním posádek OA. Důvodem častých zranění při těchto typech nehod je náraz tuhého čela tramvaje do měkčího boku OA, což vede k většímu poškození boku OA a riziku poranění posádek OA o zdeformovaný bok. U tramvají s pevným spřáhlem, například tramvaje typu T3, hrozí při těchto nehodách průnik spřáhla do prostoru pro cestující OA, kde může zranit posádku OA. Následky čelní nehody tramvaje s OA jsou znázorněny na obrázcích **Obr. 5** a **Obr. 6**. Čelní a čelněboční nehody způsobené řidiči tramvají byly nejčastěji způsobeny neodhadnutím rychlosti a potřebné zábrzdě dráhy tramvají a nárazem do zadní části před ním stojících OA. Následky těchto typů nehod většinou jsou pouze materiální škody bez následku na zdraví cestujících v OA.



Obr. 5 Nehoda tramvaje typu T3 s OA, zdroj: Hasiči Praha



Obr. 6 Následky nehody tramvaje typu T3 s OA, zdroj: dopravacek.eu

Za boční nehody ve zkoumaném období nesli řidiči OA vinu v 81 % všech nehod. Tyto nehody jsou nejčastěji způsobeny neodhadnutím průjezdného průřezu a přiblížení boků vozidel až dojde ke kontaktu. Při těchto nehodách většinou dochází pouze k materiálním škodám na kolizních vozidlech. Za zkoumané období došlo pouze u pěti nehod (0,4 %) k lehkému zranění posádek OA.

3. IDENTIFIKOVÁNÍ MÍST ČASTÝCH DOPRAVNÍCH NEHOD V PRAZE

Stanovení úseků tratí nejčastějších dopravních nehod bylo provedeno pomocí metody relativní nehodovosti. Tato metoda je nejčastěji používanou metodou pro hodnocení bezpečnosti nebo nebezpečnosti pozemních komunikací. Metoda relativní nehodovosti zohledňuje při hodnocení jak závažnost následků nehod v daném úseku komunikace, tak i průměrnou denní intenzitu provozu vozidel. Úsek tramvajové trati je definován počáteční a koncovou tramvajovou zastávkou. Ukazatel relativní nehodovosti je dán vztahem (1). [4], [5]

$$R = \frac{Z}{365 \cdot I \cdot t} \cdot 10^6 \text{ [závažnost nehod / milion vozidel a rok]} \quad (1)$$

kde: Z číslo závažnosti nehod [–], dáno vztahem (2),
 I průměrná denní intenzita provozu [vozidel / 24 hod],
 t sledované období [roky].

Průměrná denní intenzita provozu byla stanovena podle jízdních řádů tramvají uvedených na webu www.dpp.cz platných ke dnu 21.01.2021.

$$Z = 130 \cdot N_u + 70 \cdot N_{tz} + 5 \cdot N_{lz} + 1 \cdot N_{hs} \text{ [–]} \quad (2)$$

kde: N_u počet nehod s usmrcením [–],
 N_{tz} počet nehod s těžkým zraněním [–],
 N_{lz} počet nehod s lehkým zraněním [–],
 N_{hs} počet nehod s hmotnou škodou [–].

V tabulce **Tab. 4** je uvedeno 5 nejrizikovějších úseků tramvajových tratí v Praze s ohledem na riziko nehody.

Tab. 4 Místa častých dopravních nehod na tramvajových tratích v hl. m. Praze

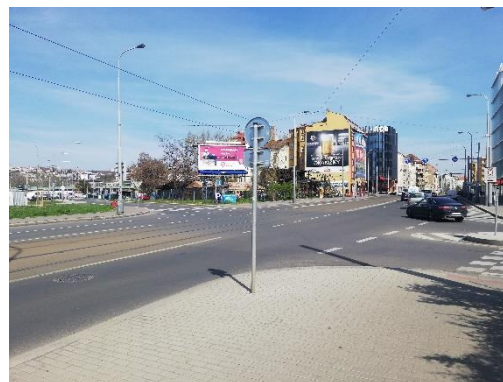
Úsek trati			Počet nehod (-)	Následky nehod		Číslo závažnosti nehody Z (-)	Dopravní tok (voz/rok)	Relativní nehodovost (závažnost nehod/milion vozidel a rok)
č.	Zastávka 1	Zastávka 2		Lehké zranění (-)	Těžké zranění (-)			
1	Vojenská nemocnice	Větrník	61	9	1	166	70360	786
2	Nádraží Holešovice	Ortenovo náměstí	43	2	1	120	70819	565
3	Pohořelec	Brusnice	18	1	1	91	69999	433
4	Invalidovna	Palmovka	57	5	0	77	67316	381
5	Sídliště Hloubětín	Lehovec	10	2	1	87	78011	372

Nejnebezpečnější úsek trati z pohledu rizika nehod je mezi zastávkami Vojenská nemocnice a Větrník. Nejrizikovější část úseku je křižovatka hned za zastávkou Vojenská nemocnice ve směru k zastávce Větrník. Při odbočování vlevo z ulice Na Petřinách do ulice Stamicova řidiči OA často nedají přednost v jízdě souběžně jedoucí tramvaji. Podobná situace nastává, když se řidič napojuje z ulice Veleslavínská do ulice Na Petřinách, kdy řidiči nedají přednost v jízdě tramvajím přijíždějícím do zastávky Vojenská nemocnice. Pohled na problematický úsek je znázorněn na obrázku **Obr. 7**.

Druhý nejnebezpečnější úsek trati z pohledu rizika nehod je mezi zastávkami Nádraží Holešovice a Ortenovo náměstí. Nejrizikovější část úseku je křižovatka ulic Plynární, Železničářů a Jankovcova hned za zastávkou Nádraží Holešovice. Při odbočování vlevo z ulice Plynární do ulice Železničářů řidiči OA často nedají přednost v jízdě souběžně jedoucí tramvaji mířící do zastávky Nádraží Holešovice. Pohled na tento problematický úsek je znázorněn na obrázku **Obr. 8**.



Obr. 7 Pohled na křižovatku ulic Na Petřinách, Stamicova a Veleslavínská



Obr. 8 Pohled na křižovatku ulic Plynární, Železničářů a Jankovcova

Výsledné nejnebezpečnější úseky tramvajové trati v Praze uvedené v tabulce **Tab. 4** byly konzultovány s odborníkem z DPP na nehodovost tramvají. Všechny uvedené úseky jsou známy z důvodu častých dopravních nehod tramvají s jinými účastníky silničního provozu. Lze tedy konstatovat, že výsledky výzkumu jsou potvrzeny znalostmi z praxe.

4. ZÁVĚR

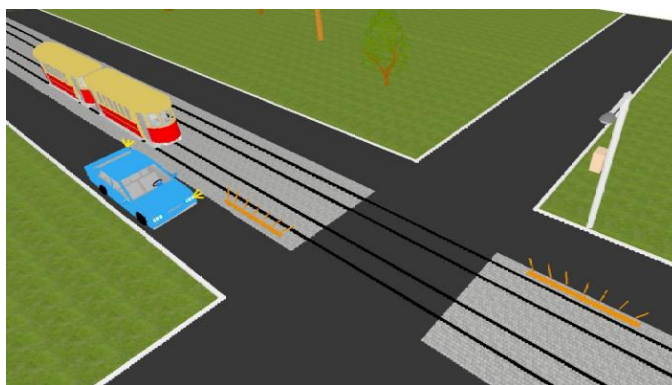
Za zkoumané období 2016 až 2018 došlo k 3 216 dopravním nehodám tramvají s OA, tj. v průměru došlo v Praze ke 3 nehodám denně. Řidiči OA nesli vinu za 89 % ze všech nehod tramvají s OA. Nejčastější důvodem nehod bylo porušení § 21/5 zákona č. 361/2000, tj. nedání přednosti v jízdě, a neodhadnutí průjezdného průřezu. Při nehodách, kdy řidič OA nedal přednost v jízdě tramvaji a vjel před ní, došlo k největšímu počtu lehkých a těžkých zranění posádek OA. Řidiči tramvají nesli vinu za 11 % ze všech nehod. Nejčastějším důvodem nehod bylo nedodržení rychlosti jízdy a neodhadnutí průjezdného průřezu. Při těchto typech nehod nejčastěji dochází pouze k materiálním škodám na kolizních vozidlech.

Lze tedy konstatovat, že pokud by řidiči OA dodržovali pravidla silničního provozu, tak by šlo zabránit většině nehod tramvají s OA, při kterých došlo k vážným zraněním cestujících v OA. Na řidiče OA již bylo cíleno mnoho informačních a vzdělávacích kampaní, které je informovaly o přednosti tramvají v jízdě a následcích nehod tramvají s OA. Z těchto důvodů nelze očekávat, že by nová vzdělávací kampaň změnila chování řidičů OA a vedla k poklesu nehod. Je potřeba věnovat větší pozornost vývoji prvků aktivní bezpečnosti.

Z těchto důvodů se jako vhodnější řešení pro snížení rizika nehodovosti tramvají s OA jeví identifikování míst častých dopravních nehod a návrh jejich stavebních úprav s ohledem na zvýšení přehlednosti a bezpečnosti daných míst. Snížení rizika vzniku nehody se nejčastěji dosahuje buď pomocí vhodné stavební úpravy určitého úseku dopravní komunikace nebo pomocí méně invazivních úprav (nápisů na vozovkách – viz. obrázek **Obr. 9**, systémy světelné informační linie od firmy VÁVRA osvětlení s.r.o. – viz. obrázek **Obr. 10**). Stavební úpravy přispívají ke zlepšení přehlednosti rizikových úseků a zlepšení výhledových poměrů účastníků silničního provozu.



Obr. 9 Nápis POZOR TRAM v ulici
Milady Horákové, zdroj: auto.tn.nova.cz



Obr. 10 Systém světelné informační linie od firmy
VÁVRA osvětlení s.r.o.,
zdroj: archiv firmy VÁVRA osvětlení s.r.o.

Poznatky popsané v tomto článku mohou posloužit odborné veřejnosti (jako jsou např. pracovníci DPP, dopravní inženýři řešící bezpečnost provozu, atd.) jako podklad, jakým místům tramvajové trati v hl. m. Praze je vhodné se věnovat z pohledu snížení nehodovosti tramvají s OA.

Literatura

- [1] KOLÁŘ, Josef; SEIDL, Jakub; ZELENÝ Vojtěch; VINCÍK, Otomar. *Statistika nehodovosti tramvají a vozidel regionální železnice*. Praha, ČVUT Fakulta strojní, 2020, str. 55, NCK1 – DP02_WP 04
- [2] KOLÁŘ, Josef; SEIDL, Jakub; ZELENÝ Vojtěch; VINCÍK, Otomar. *Zpráva o trendech a budoucích požadavcích na prvky pasivní bezpečnosti*. Praha, ČVUT Fakulta strojní, 2019, str. 36, NCK1 – DP02_WP 01
- [3] SEIDL, Jakub; ZELENÝ, Vojtěch. *Statistika nehodovosti tramvajových vozidel*. Praha, ČVUT, 2019, str. 124 - 131, ISBN 978-80-01-06622-5.
- [4] ANDRES, Josef. *Metodika identifikace a řešení míst častých dopravních nehod*. Brno, Centrum dopravního výzkumu, 2001, str. 38, ISBN 80-902141-9-3
- [5] KOCOUREK, Josef. *Metodika sledování dopravních konfliktů*. Praha, ČVUT Praha, 2011, str. 80, ISBN 978-80-0104-752-1

Poděkování

Tento článek byl realizován s podporou studentské grantové soutěže projektu SGS19/161/OHK2/3T/12.

Recenzoval

Stanislav Tokař, Ing., Ph.D., ÚSI VUT v Brně, odborný asistent, Purkyňova 118/464, Brno, 612 00, stanislav.tokar@vut.cz

KONSTRUKČNÍ SKUPINY U VYBRANÝCH TVÁŘECÍCH STROJŮ

CONSTRUCTION GROUPS IN SELECTED FORMING MACHINES

Roman Šústek¹

Abstrakt

Příspěvek popisuje základní přístupy k oceňování tvářecích strojů. Tvářecí stroje jsou výrobními prostředky výrobního podniku. Jsou často předmětem ocenění, a to nejen při prodejkách, ale i při dalších právních úkonech společnosti, spojených s provozováním a výrobou. Znalosti o konstrukci tvářecích strojů, jsou velmi důležitou vlastností znalce a odhadce při vypracování zprávy o ocenění. Objektivní hodnocení a posouzení předmětu ocenění vede k transparentním a verifikovatelným výsledkům. Předmět ocenění je nutné analyzovat podrobně a nejenom jako celek. Uvedený příspěvek navrhuje řešení konstrukčních problémů u tvářecích strojů ve vztahu k ocenění.

Abstract

The contribution describes basic approaches to the valuation of forming machines. Forming machines are the means of production of a production business. They are often valued, not only in sales, but also in other legal acts of the company related to operation and production. Knowledge about the design of forming machines is a very important characteristic of an expert and an appraiser when preparing a valuation report. Objective evaluation and assessment of the subject matter of the valuation results in transparent and verifiable results. The subject matter of the valuation needs to be analysed in detail and not just as a whole. This contribution proposes solutions to design problems in forming machines in relation to valuation.

Klíčová slova

Konstrukční skupina; tvářecí stroj; oceňování; ohraňovací lis; děrovací stroj; tabulové nůžky.

Keywords

Construction group; forming machine, valuation; press brake; punching machine; shearing machine.

1. ÚVOD

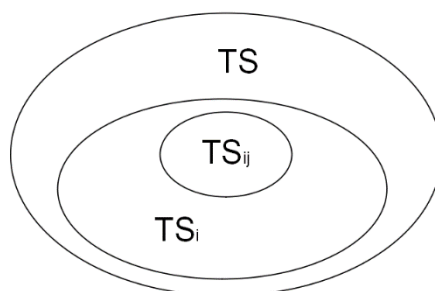
Mezi základní výrobní prostředky každého výrobního podniku patří obráběcí stroje, tvářecí stroje, slévárenské stroje a zařízení a montážní stroje. Pro oblast plošného tváření jsou využívány tvářecí stroje, které jsou navrhovány tak, aby mohly sloužit širokému spektru výrobních potřeb. V případě prodejků, reklamací, převodů majetku, insolvenčních řízení nebo navýšení kapitálu výrobního podniku, bývají tvářecí stroje často předmětem ocenění znalcem.

ČSN 21 02000 definuje tvářecí stroj jako: *“výrobní stroj s tlakovým nebo rázovým účinkem pro zpracování materiálu tvářením; přímočarým nebo rotačním pohybem pracovních částí.”* Tvářecí stroj je soustavou technickou, která má schopnost realizovat výrobu. Je soustavou otevřenou, kdy cílové chování je ovlivněno vlastnostmi okolí (provozní podmínky), plně strukturovanou (např. z hlediska jeho konstrukčního řešení), dynamickou (vlastnosti tvářecího stroje jsou s časem proměnné) a stochastickou (veličiny popisující jakost tvářecího stroje mají náhodný charakter) [1].

Základní třídění tvářecích strojů upravuje norma ČSN 21 0200. Tato norma rozděluje stroje podle jejich technologického určení do základních skupin, a těmi jsou lisy, buchary, tvářecí automaty, nůžky, ohýbačky, zakružovačky, rovnačky, válcovačky a tvářecí komplexy. Z důvodu velké variability provedení, existuje velké množství tvářecích strojů, členěných podle různých hledisek. Například u tvářecích strojů druhu lis, lze podle technologického určení rozlišit až 18 typů (ohýbací, ohraňovací, tažný, rovnací, kovací, ostřihovací, protlačovací, vytlačovací, napínací, lámací, razící, kalibrovací, dílenský, briketovací, paketovací, s kyvnou zápustkou, elektrický přechovací a na kovové prášky) [1]. Některé z tvářecích strojů jsou z hlediska jejich uplatnění ve výrobě využívány více, některé méně. To záleží především na produkci uživatele.

Tvářecí stroj lze kategorizovat určením jeho druhu a velikostí (hodnotami) parametrů (obr. 1).

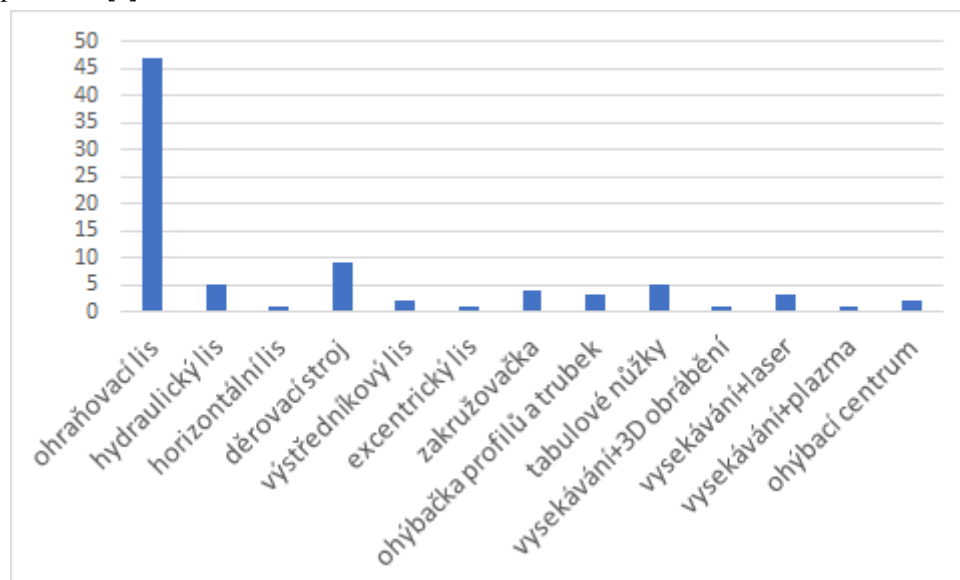
¹ Roman Šústek, Ing., Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Purkyňova 464/118, Brno 612 00, roman.sustek@usi.vutbr.cz



Obr. 1 Kategorizace tvářecího stroje pomocí množin (hierarchická strukturovanost). *TS* – tvářecí stroje, *TS_i* – tvářecí stroje určitého druhu, *TS_{ij}* – tvářecí stroje určitého druhu a velikosti parametrů; vlastní

Množina *TS* zahrnuje veškeré tvářecí stroje. Podmnožina *TS_i* zahrnuje tvářecí stroje určitého druhu, a to konkrétně podle charakteristik, uvedených v ČSN 21 0200 (druh pohonu, provedení stolu, technologické určení apod.). Podmnožina *TS_{ij}* zahrnuje tvářecí stroje určitého druhu a velikosti parametrů, které tvářecí stroj popisují (lisovací síla 320 tun, minimální průměr zakružení plechu 225 mm apod.).

Marketingovým průzkumem (dotazníkové šetření) byla zjištěna četnost zastoupení jednotlivých tvářecích strojů v tuzemsku. Dle provedeného marketingového průzkumu bylo zjištěno, že největší zastoupení mají ohráňovací lisy, děrovací stroje a tabulové nůžky případně hydraulický lis (obr. 2). Vyhodnocení získaných dat je analyzováno ve výše uvedené publikaci [2].



Obr. 2 Zastoupení tvářecích strojů v tuzemsku; [2]

Při oceňování musí mít zpracovatel nejen znalosti týkající principů a postupů oceňování, ale musí mít také znalosti z hlediska konstrukčního řešení tvářecího stroje. Tvářecí stroje jsou složitou technickou soustavou, která se skládá z velkého množství skupin, podskupin a součástí. Z hlediska posouzení a hodnocení stavu tvářecího stroje, je však dostačující nalézt vhodné členění struktury tvářecího stroje do funkčních, resp. konstrukčních celků a skupin. Tento postup je dostačující při stanovení tržní hodnoty tvářecího stroje jako celku.

2. CÍL PŘÍSPĚVKU

Příspěvek řeší zobecnění oceňovacích přístupů, a to z hlediska znalostí struktury předmětu ocenění. Cílem příspěvku je vymezit společné konstrukční charakteristiky tvářecích strojů a z hlediska oceňovacích požadavků nalézt jejich vhodné členění.

3. METODA ŘEŠENÍ PROBLÉMU

Metoda řešení je založena na průzkumu a expertní analýze konstrukčního řešení tvářecího stroje.

4. ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

Znalecký standard č. I/2005 vymezuje skupinu vozidla: „Skupina vozidla je funkčně, konstrukčně a montážně kompaktní celek vozidla (podle koncepce vozidla např. motor včetně spojky a příslušenství, převodovka, rozvodovka, převodovka s rozvodovkou, skříň karoserie, jednotlivé nápravy, rám, výbava karoserie s příslušenstvím).“ Dále je vymezen poměrný díl skupiny jako: „Poměrný díl skupiny je část, která v cenovém vyjádření přísluší dané skupině jako náhradnímu dílu v porovnání s celým vozidlem bez pneumatik a mimořádné výbavy, složeným z náhradních dílů.“ [3].

Základní pojednání skladby CNC obráběcích strojů je popsáno v rozsáhlé publikaci autorského kolektivu složeného z pracovníků strojních fakult vysokých technických škol a z pracovníků výrobních podniků. Základní konstrukční skupiny autoři popisují jako rám (nosná soustava), včetně, posuvová soustava lineární a rotační, automatická výměna nástrojů a obrobků, nástrojové soustavy, číslicové řízení a kontrola, funkčně obslužné agregáty, ochranné kryty a upínací přípravky [4].

V systémovém pojetí jsou vymezeny pojmy struktura a strukturovanost. Uvedené pojmy lze s výhodou užívat ve spojení s konstrukcí, resp. skladbou stroje z hlediska jeho konstrukčních skupin. Strukturu lze vymezit jako množinu prvků vymezených na entitě, na určité rozlišovací úrovni, a množinu vazeb mezi těmito prvky. Struktura patří k základním pojmům teorie systémů. Je základní charakteristikou jakékoli soustavy. Jako příklad může sloužit karoserie auta, která je vyrobena z několika částí, které jsou vzájemně spojeny svary. Ty zde plní funkci vazeb mezi jednotlivými plechy. Pojem strukturovanost se používá v tomto významu. Strukturovanost entity znamená, že na entitě lze vymezit alespoň jednu její další část, která má charakter entity na vyšší rozlišovací úrovni [5].

Z provedené analýzy současného stavu je patrné, že základní členění konstrukčních skupin strojů lze dovodit, nicméně konkrétnější vymezení struktury u tvářecích strojů chybí. Jedná se o problém ne zcela jednoduchý a úroveň řešení je velmi významně ovlivněna odbornou úrovní znalce či odhadce. Z hlediska potřeb znalců a odhadců je tedy vhodné se zabývat konkrétními přístupy identifikace jednotlivých konstrukčních skupin a současně vytvořit podmínky k oceňování tvářecích strojů na základě ujasněných a zobecněných postupů.

5. FORMULACE PROBLÉMU

Při oceňování tvářecích strojů je nezbytné postupovat tak, aby skutečnosti uvedené v ocenění byly objektivní a transparentní. Z tohoto důvodu by bylo vhodné navrhnout zobecněný přístup, vhodný pro řešení problematiky kategorizace a identifikace struktury tvářecího stroje ve vazbě pro oceňování.

6. ŘEŠENÍ PROBLÉMU

Případová analýza je řešena na tvářecích strojích – CNC ohraňovací lis, CNC děrovací stroj a CNC tabulové nůžky.

6.1 CNC ohraňovací lis

Norma ČSN 21 0200 vymezuje ohraňovací lis (obr. 3) dle technologického určení jako lis pro ohýbání plechu v ohraňovadle.



Obr. 3 CNC ohraňovací hydraulický lis; internetové stránky výrobce

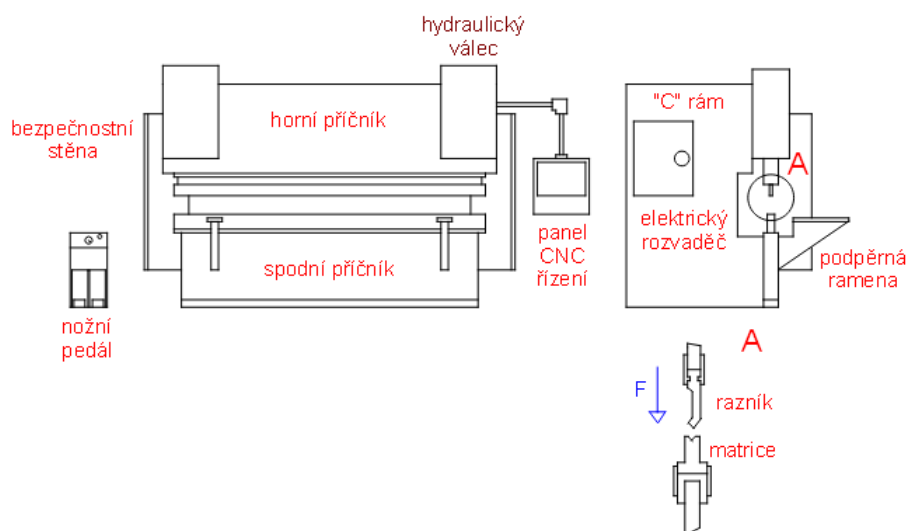
Přehled významných výrobců ohraňovacích lisů jsou uvedeny v tab. 1.

Tab. 1 Přehled výrobců CNC ohraňovacích lisů; vlastní

Výrobce tvářecího stroje	URL adresa
AMADA America, INC.	https://www.amada.com
DURMAZLAR Machinery	https://www.durmazlar.com.tr/en/
HACO Companies	https://www.haco.com/en

LVD Company	https://www.lvdgroup.com/en
Baykal machine	https://www.baykal.com.tr/en/
TRUMPF GmbH + Co. KG.	https://www.trumpf.com/en_INT/
Murata Machinery , LTD.	https://www.muratec.net/
SafanDarley UK Ltd.	https://safandarley.com/uk
Bystronic Laser AG	https://www.bystronic.com/en/
Gasparini Industries S.r.l.	https://www.gasparini.com/en/
Ursviken Technology AB	https://www.ursviken.com/
GADE	http://www.gade.it/new/?lang=en
MVD Makina Sanayi. A.Ş.	https://www.mvd.com.tr/
MAQFORT	https://www.maqfort.com/
ERMAKSAN MAKİNA SANAYİ VE TİCARET A.Ş.	http://www.ermaksan.com.tr/en-EN/
HARSLE Machine Tool Co., Ltd.	https://www.harsle.com/
RICO	https://www.rico.pt/en/
LZK CNC Machine Tool Manufacturing Co.,Ltd	https://www.lzkcnc.com/
Krrass	https://www.krrascnc.com/

Popis základních částí CNC ohraňovacího lisu je znázorněno na obr. 4. Podrobnější identifikace a kategorizace struktury CNC ohraňovacího lisu je uvedeno v tab. 2.



Obr. 4 Základní členění konstrukčních skupin u CNC ohraňovacího lisu; vlastní

Tab. 2 Popis struktury CNC ohraňovacího lisu; vlastní

Označení	Struktura	Popis
1	"C" rám nebo "O"	nosná konstrukce
2	horní příčnick	beran
3	spodní příčnick	pracovní stůl
4	hnací soustava	servo-elektrický, hydraulický, servo-hydraulický, hybridní
5	elektrický rozvaděč	elektro zařízení včetně elektro příslušenství
6	jednotky pohybu a upínání	kuličkový šroub, hydraulický píst, upínací mechanismus
7	jednotky dorazů a posuvů	kuličkový šroub
8	bezpečnostní prvky	optoelektrická zábrana (světelná závora), stranové bezpečnostní zařízení, nožní bezpečnostní pedál
9	pomocné prvky	podpěry, pomocné konzoly
10	panel CNC řízení	CNC řídicí systém

Pozn. Označení 1 až 10 vyjadřuje návrh zařízení do určité konstrukční skupiny. V příspěvku dále vysvětleno.

6.2 CNC děrovací stroj

Norma ČSN 21 0200 vymezuje děrovací stroj, resp. děrovací automat (obr. 5) dle technologického určení jako automat pro děrování otvorů v plechu nebo profilovém materiálu; s jedním nástrojem, revolverový, s laserovou nebo plazmovou hlavou.



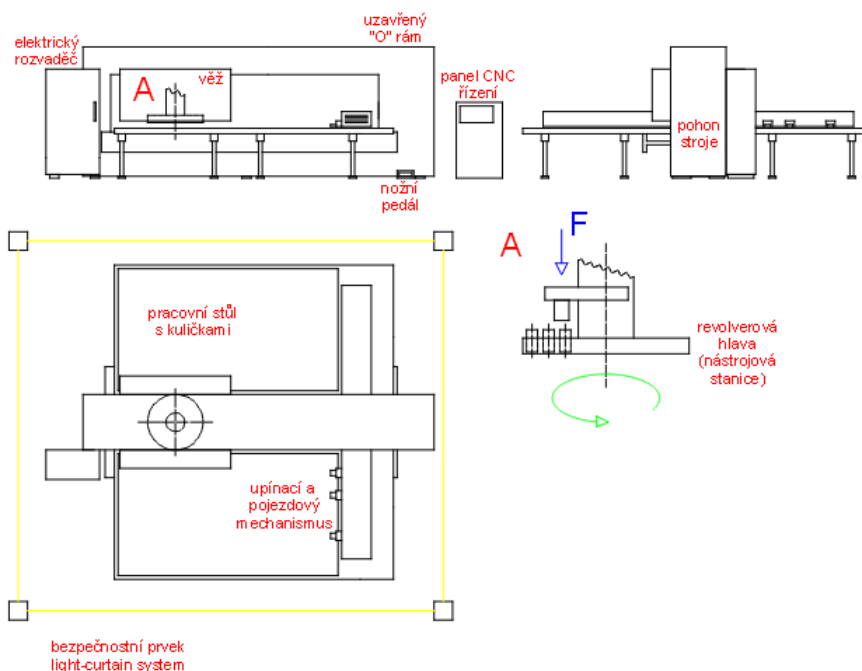
Obr. 5 CNC děrovací automat; internetové stránky výrobce

Přehled významných výrobců ohráňovacích lisů jsou uvedeny v tab. 3.

Tab. 3 Přehled výrobců CNC děrovacích strojů; vlastní

VÝROBCE TVÁŘECÍHO STROJE	URL adresa
ACCURL Machine Tools Co., LTD.	https://www.accurl.com/
Tailift Co., LTD.	https://www.tailiftgroup.com/
AMADA America, INC.	https://www.amada.com
DURMAZLAR Machinery	https://www.durmazlar.com.tr/en/
HACO Companies	https://www.haco.com/en
Qingdao Xiang Star CNC Machinery Co., Ltd.	http://chinaxiangzhixing.com/
JFY International	https://www.jfy-international.com
LVD Company	https://www.lvdgroup.com/en
Baykal machine	https://www.baykal.com.tr/en/
TRUMPF GmbH + Co. KG.	https://www.trumpf.com/en_INT/
Boschert GmbH + Co.KG.	https://boschert.de/de/
MVD Makina Sanayi. A.Ş.	https://www.mvd.com.tr/
Murata Machinery , LTD.	https://www.muratec.net/
ERMAKSAN MAKİNA SANAYİ VE TİCARET A.Ş.	http://www.ermaksan.com.tr/en-EN/

Popis základních částí CNC děrovacího stroje je znázorněno na obr. 6. Podrobnější identifikace a kategorizace struktury CNC děrovacího stroje je uvedeno v tab. 4.



Obr. 6 Základní členění konstrukčních skupin u CNC děrovacího stroje; vlastní

Tab. 4 Popis struktury CNC děrovacího stroje; vlastní

Označení	Struktura	Popis
1	"C" rám nebo uzavřený "O" rám	nosná konstrukce
2	pracovní stůl (kuličkové jednotky)	vč. nosné konstrukce
3	hnací soustava	hydraulický nebo servoelektrický nebo mechanický
4	elektrický rozvaděč	elektro zařízení včetně elektro příslušenství
5	jednotky pohybu a upínání	lineární soustava, odměrování polohy, upínací mechanismus
6	jednotky dorazů a posuvů	kuličkový šroub
7	věž vč nástrojové stanice	revolverová hlava
8	panel CNC řízení	CNC řídicí systém
9	bezpečnostní prvky	systém světelného závěsu, nožní bezpečnostní pedál

Pozn. Označení 1 až 9 vyjadřuje návrh zařazení do určité konstrukční skupiny. V příspěvku dále vysvětleno.

6.3 CNC tabulové nůžky

Norma ČSN 21 0200 vymezuje tabulové nůžky (obr. 7) dle technologického určení jako nůžky pro přímé nebo tvarové vystřihování výtvarků z plechu četnými zdvihy dvojicí nožů.



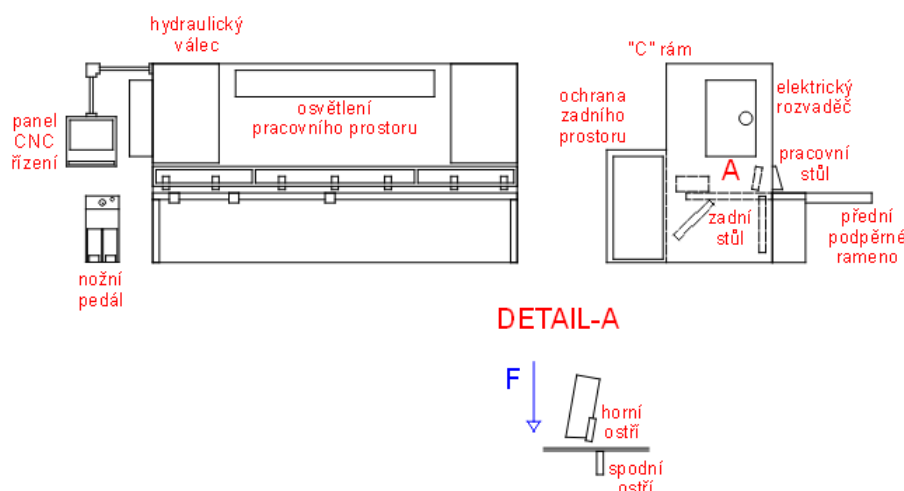
Obr. 7 CNC tabulové nůžky; internetové stránky výrobce

Přehled významných výrobců ohraňovacích lisů jsou uvedeny v tab. 5.

Tab. 5 Přehled výrobců CNC tabulových nůžek; vlastní

Výrobce tvářecího stroje	URL adresa
ERMAKSAN MAKİNA SANAYİ VE TİCARET A.Ş.	http://www.ermaksan.com.tr/en-EN/
Dener Makina	https://dener.com/en/about-us/
HARSLE Machine Tool Co., Ltd.	https://www.harsle.com/
RICO	https://www.rico.pt/en/
ACCURL Machine Tools Co., LTD.	https://www.accurl.com/
Boschert GmbH + Co.KG.	https://boschert.de/de/
DURMAZLAR Machinery	https://www.durmazlar.com.tr/en/
Jiangsu Yawei Machine-Tool Co., Ltd.	http://en.yawei.cc/index.html
LZK CNC Machine Tool Manufacturing Co.,Ltd	https://www.lzkcnc.com/
HACO Companies	https://www.haco.com/en
LVD Company	https://www.lvdgroup.com/en
Baykal machine	https://www.baykal.com.tr/en/
TRUMPF GmbH + Co. KG.	https://www.trumpf.com/en_INT/
SafanDarley UK Ltd.	https://safandarley.com/uk
Ursviken Technology AB	https://www.ursviken.com/
MVD Makina Sanayi. A.Ş.	https://www.mvd.com.tr/
Krass	https://www.krascnc.com/

Popis základních částí CNC děrovacího stroje je znázorněno na obr. 8. Podrobnější identifikace a kategorizace struktury CNC děrovacího stroje je uvedeno v tab. 6.



Obr. 8 Základní členění konstrukčních skupin u CNC tabulových nůžek; vlastní

Tab. 6 Popis struktury CNC tabulových nůžek; vlastní

Označení	Struktura	Popis
1	"C" rám	nosná konstrukce
2	pracovní stůl (kuličkové jednotky)	včetně zadního stolu s podavačem
3	hnací soustava	elektrická, hydraulická, elektro-mechanická
4	panel CNC řízení	CNC řídicí systém
5	elektrický rozvaděč	elektro zařízení včetně elektro příslušenství
6	jednotky pohybu	kuličkový šroub, hydraulický píst, upínací mechanismus
7	jednotky dorazů a posuvů	kuličkový šroub
8	bezpečnostní prvky	optoelektrická ochrana zadního prostoru, nožní bezpečnostní pedál, ochranné kryty
9	pomocné prvky	přední podpěrná ramena, přední zaúhlovací rameno

Pozn. Označení 1 až 9 vyjadřuje návrh zařazení do určité konstrukční skupiny. V příspěvku dále vysvětleno.

6.4 Výsledky provedené analýzy

Tvářecí stroje jsou složitou technickou soustavou, která se skládá z velkého množství skupin, podskupin, částí a součástí. Pro potřeby oceňování je vhodné navrhnout členění konstrukčních skupin. Na základě provedené analýzy lze strukturu tvářecích strojů členit do následujících skupin (tab. 7).

Tab. 7 Návrh členění konstrukčních skupin u tvářecích strojů; vlastní

Legenda	Konstrukční skupina
	nosná jednotka
	hnací jednotka
	elektro jednotka
	CNC systém
	bezpečnostní prvky
	pracovní jednotky
	pomocné prvky

Konstrukční skupinu je dále vhodné analyzovat ve vztahu k objemovým podílům vůči celku (tj. tvářecímu stroji, kdy celek je roven 100 %). Tuto odbornou analýzu příspěvek dále neřeší, nicméně pro potřeby znalců a odhadců by bylo vhodné tyto podíly kvantifikovat a následně verifikovat.

7. DISKUZE A ZÁVĚR

Příspěvek se zabývá problematikou členění konstrukčních skupin u tvářecích strojů. Případová studie byla provedena na tvářecím stroji CNC ohraňovací lis, CNC děrovací stroj a CNC tabulové nůžky. Podrobná analýza byla realizována ve vztahu ke konstrukčnímu řešení, a to pro každý z výše uvedených tvářecích strojů. Výsledky uvedené v kap. 6.4 vedou k závěrům, že pro potřeby ocenění, je vhodné členit tvářecí stroje na tyto konstrukční skupiny:

- nosná jednotka,
- hnací jednotka,
- elektro jednotka,
- CNC systém,
- bezpečnostní prvky,
- pracovní jednotky a
- pomocné prvky.

Pro konstrukční skupiny by bylo dále vhodné provést výpočet jejich objemových podílů ve vztahu k celku. Obdobný způsob je uveden ve Znaleckém standardu č. I/2005 pro motorová vozidla. Je tu tedy další prostor k vědeckému zkoumání, přičemž výsledky, by byly jistě uvítány znalci a odhadci se specializací oceňování strojů a zařízení.

Literatura

- [1] ČSN 21 0200 *Názvosloví tvářecích strojů*. Praha: Český normalizační institut, 1992. 61 s.
- [2] ŠŮSTEK, Roman. Zastoupení tvářecích strojů v tuzemsku. *ACTA STING*. 2020, č. 4, roč. 9, s. 33–43. ISSN 1805-6873
- [3] KREJČÍŘ, Pavel a Albert Bradáč. *Znalecký standard číslí I/2005, Oceňování motorových vozidel*. Brno: CERM Akademické nakladatelství, s.r.o., 2004. 103 s. ISBN 80-7204-370-6
- [4] MAREK, Jiří a kol. *Konstrukce CNC obráběcích strojů III*. Praha: MM Publishing, s.r.o., 2014, 684 s. ISBN 978-80-260-6780-1
- [5] JANÍČEK, Přemysl. *Systémová metodologie: brána do řešení problémů*. Brno: CERM, 2014, 365 s. v různém stránkování. ISBN 978-80-7204-887-8

Recenzoval

Martin Bilík, Ing. et Ing. Bc, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, odborný asistent, Purkyňova 464/118, 612 00 Brno, e-mail: martin.bilik@vut.cz

IDENTIFIKACE RIZIKOVÝCH FAKTORŮ V SILNIČNÍ NÁKLADNÍ DOPRAVĚ

IDENTIFICATION OF RISK FACTORS IN ROAD FREIGHT TRANSPORT

Michal Urbánek¹

Abstrakt

Problematické situace způsobující obsazení parkovacích ploch, parkování v nebezpečných a zakázaných oblastech a vznik rizikových situací zvyšujících riziko vzniku dopravní nehody se stávají častou příčinou dopravních nehod v nákladní dopravě. Systémy informačních a komunikačních technologií jsou postupně zaváděny v oblasti dopravy po celé Evropě. Pro nákladní přepravu mají velký význam parkovací systémy. Ty se snaží navázat na tzv. režim řidičů a být efektivní oporou při plánování cesty a při samotném řízení. Klíčové body systému inteligentních odpočívek pro jízdní soupravy (parkoviště, sensorika, centrální databáze, mobilní a webové aplikace a uživatelé) jsou analyzovány z hlediska rizikologie pomocí kvalitativní metody "What-if?". Příspěvek upozorňuje na rizikové faktory využití informačních a komunikačních technologií v silniční nákladní dopravě v oblasti komunikace ale i spolehlivosti, standardizace a uživatelské bezpečnosti. Další studie založené na kvantitativních analýzách by mohly vést ke vzniku metodiky hodnocení rizik chytré dopravní telematiky.

Abstract

Problematic situations causing the occupation of parking spaces, parking in dangerous and forbidden areas and the emergence of risky situations increasing the risk of an accident are becoming a common cause of accidents in freight transport. Information and communication technology systems are gradually being introduced in the field of transport throughout Europe. Parking systems are of great importance for freight transport. They try to follow the so-called driver regime and be an effective support in route planning and driving. The key points of the intelligent rest system for vehicles (car parks, sensors, central databases, mobile and web applications and users) are analyzed from a risk point of view using the qualitative "What-if?" method. The paper draws attention to the risk factors for the use of information and communication technologies in road freight transport in the field of communication as well as reliability, standardization and user safety. Further studies based on quantitative analyzes could lead to a risk assessment methodology for smart transport telematics.

Klíčová slova

Odpočívky; přeprava nákladu; bezpečnost silničního provozu; dopravní telematika

Keywords

Rest areas; freight transport; road safety; transport telematics

1. ÚVOD

Řidiči v oblasti vnitrostátní a mezinárodní silniční dopravy, jejichž vozidla překračují maximální přípustnou hmotnost 3,5 tuny nebo přepravují více než devět osob (včetně řidiče) jsou povinni dodržovat tzv. režim řidičů, který je ustanoven nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 561/2006 a Evropskou dohodou o práci osádek vozidel v mezinárodní silniční dopravě (AETR). Tento režim se skládá z bezpečnostních přestávek trvajících minimálně 45 minut po 4,5 hodinách řízení. Dále udává denní dobu odpočinku, při které musí mít řidič minimálně 11 hodin odpočinek v průběhu každých 24 hodin. Řidičů se také týká týdenní doba odpočinku, které řidič musí mít dvě (2x45 hodin) ve dvou po sobě následujících týdnech. [1]

Z výše uvedeného vyplývá, že řidiči nákladních vozidel musí velice často zastavovat a při velkém počtu nákladních vozidel dochází k častému úplnému obsazení parkovacích ploch na dálnicích a silnicích vyšší třídy. V takovém případě jsou řidiči s překročeným časem na odpočinek nuceni zastavit na nepřehledných místech, v zákazech stání, u krajnic nebo v odstavných pružích. Těmito rizikům by se dalo předejít využitím moderních technologií jako jsou například bezdrátové senzorové sítě (WSN: Wireless Sensor Network), internet věcí (IoT: Internet of Things), obrazové rozpoznání apod. Mimo pozitivní vlivy, které by tyto technologie mohly mít, je potřebné uvažovat i negativní vlivy zejména v oblasti bezpečnosti a ochrany dat. [2]

¹ Michal Urbánek, Ing., Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Purkyňova 464/118, Brno, michal.urbanek@usi.vutbr.cz



Obr. 1 Parkování nákladních vozidel na dálničním sjezdu [3]

Nařízení ES č. 561/2006 udává ustanovení týkající se osádky, doby řízení, přestávky v řízení a doby odpočinku včetně odpovědnosti dopravce a výjimek. Dále jsou uvedeny kontrolní postupy a sankce, které platí jak pro dopravce, tak i řidiče. Základním požadavkem je, aby vozidlo spadající do nařízením stanovených specifikací bylo vybaveno záznamovým zařízením (tachograf) v souladu s nařízením Rady (EHS) č. 3824/85. Dle tohoto nařízení jsou řidiči povinni vykonávat předepsané činnosti, zejména tedy zapisovat na záznamové listy nebo na kartu řidiče svou činnost jako dobu řízení, dobu ostatní práce, dobu pracovní pohotovosti a dobu odpočinku. Z důvodu zajištění bezpečnosti osob, vozidla a nákladu existuje v nařízení ES č. 561/2006 výjimka, která řidiči dovoluje odchýlit se od odpočinkového režimu pod podmínkou, že neohrozí bezpečnost provozu na pozemních komunikacích a zároveň musí uvést důvod odchylky do záznamového listu. Je ovšem ke zvážení, zda tato výjimka bezpečnost zvýší nebo může docházet ke jejímu snížení. [4, 5]

1.1 Databázové systémy dálničních odpočívek

Obsazeností odpočívek, případně jejich zázemím se v současné době věnují databáze například Truck parking Europe nebo Transpark. Obě tyto databáze jsou dostupné ve webovém rozhraní i v aplikacích pro chytré telefony a jsou založené na informacích pocházejících spíše od samotných řidičů. Nelze však exaktně určit, zda jsou parkoviště obsazená a zda jsou údaje pravdivé. Databáze Transpark poskytuje informace o zázemí a poskytovaných službách (hlídané parkoviště, čerpací stanice, možnosti ubytování) především pro řidiče. [6]

Aplikace Truck parking Europe slouží nejen pro řidiče, ale i pro dopravce (plánovače tras/dispečery) a provozovatele parkovišť. Dopravci tuto aplikaci mohou využít zejména k plánování ideální trasy včetně možných přestávek na vyhovujících parkovištích. Provozovatelé parkovišť si mohou zaregistrovat své parkoviště a nabízet volná místa případně poskytované služby. Na českém území však tyto aplikace nejsou tak rozšířené a obsahují zejména informace od řidičů. [7]

1.2 Systémy inteligentních kompaktních odpočívek

Mimo databázové systémy se například v Německu vyvinula inteligentní řízená kompaktní parkoviště, která díky speciálnímu řazení nákladních vozidel do řad zvyšují kapacitu, průjezdnost a tím i bezpečnost stávajících parkovišť. S pomocí informačních tabulí umístěných nad každou řadu, řidič získá potřebné informace k zaparkování do správné řady, kde ostatní vozidla mají stejný nebo dřívější čas odjezdu. Tento systém dovoluje také získat informace o obsazenosti v reálném čase pomocí webových stránek. [8, 9]

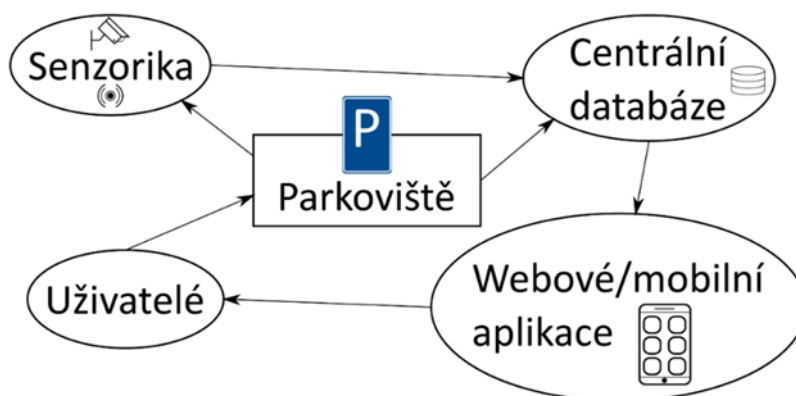
1.3 Národní rozvoj v oblasti inteligentního parkování

V České republice existuje projekt URSA CZ zaměřený na implementaci systémů Inteligentního parkování jízdních souprav (ITP: Intelligent Truck Parking) a poskytování dopravních informací řidičům nákladních vozidel v reálném čase (TTI: Traffic and Traveller Information for Trucks). Jedná se o pilotní projekt, jehož cílem je na koridoru dálnice D1 osadit čtyři vybrané odpočívky detekční technologií a testovat sběr, zpracování, dohled a administraci těchto

technologií. Po této části projektu budou statické i dynamické informace o obsazenosti odpočívek sdílené pomocí webových a mobilních aplikací. Pro vlastní detekci obsazenosti parkovacího místa jsou vybrány bezdrátové ultrazvukové senzory. Aplikace bude umožňovat naplánovat trasu včetně dodržení dob odpočinku a navádění na konkrétní parkovací místo. [10 - 12]

2. METODIKA

Ze získaných poznatků byl definován základní a zjednodušený systém inteligentních odpočívek pro jízdní soupravy viz Obrázek 2. Hlavním prvkem tohoto systému je parkoviště, které tvoří vlastní parkovací plocha, čerpací stanice pohonných hmot, hygienické zázemí, stravovací služby, klidové zóny a ubytovací služby. Dalším prvkem tohoto systému je sensorika, tedy systémy zjišťování obsazenosti parkovacích ploch. Tyto statické a dynamické informace jsou ukládány v centrální databázi, z které jsou zpracované informace poskytovány uživatelům (řidičům/dispečerům) pomocí webových nebo mobilních aplikací.



Obr. 2 Schéma systému inteligentních odpočívek ITP [Autor]

Identifikace klíčových rizikových faktorů napomáhá odhalit bariéry systémů chytrých parkovišť. Její aplikace je vhodná před samotným nasazením těchto systémů do skutečného provozu. V takovém případě je možné při odhalení rizikového faktoru zanést do projektu takové opatření, aby se riziko snížilo. Tím se usnadní zavedení systémů a zvýší se bezpečnost a spolehlivost ITP. Pro identifikaci rizik byla zvolena metoda „Co se stane, když?“ (What-if?), která je analytickou metodou pro identifikaci možných rizik a hodnocení možných dopadů. Metodologie je založena na definici již zmíněných oblastí zájmu a definici cílových zájmů pomocí generování otázek a odpovědí. [15, 16]

3. VÝSLEDKY

Dle předchozí kapitoly byla vytvořena riziková analýza a v následující části budou uvedeny otázky a odpovědi k oblastem zájmu v tabulkové podobě. Oblasti zájmu jsou: parkoviště ITP, sensorika, centrální databáze, webové/mobilní aplikace, uživatelé.

Tab. 1 Riziková analýza: Oblast zájmu – parkoviště ITP

Co se stane, když?	Odpověď
systémy ITP budou vyžadovat drátový přenos informací	budou vyžadovat novou výstavbu infrastruktury, finanční náročnost a omezení provozu parkoviště
systémy ITP nebudou finančně dostupné pro soukromé odpočívky	nedojde k úplné implementaci ITP, informace o dopravě nebudou kompletní
systémy ITP budou nasazeny jen na vybraná parkoviště	snížení efektivity systémů ITP jako celku, nezajištění bezpečnostní funkce

Tab. 2 Riziková analýza: Oblast zájmu – sensorika ITP

Co se stane, když?	Odpověď
systémy nebudou spolehlivé	časté poruchové stavy, nutná údržba, ekonomicky nevýhodné [13]
se nezajistí kompatibilita systémů od různých výrobců	dojde ke špatnému/žádnému propojení prvků, systém ztratí funkci kooperace
nebude dostatečná standardizace prvků/systémů	nekompatibilní systémy (viz předchozí otázka)
bude insuficientní pokrytí infrastrukturou	irelevantní statistická data, ovlivnění dynamického navádění
dojde k vytvoření složitých systémů	zatěžování centrální databáze, špatná kontrola, řízení, náchylnost k obtížně odhalitelným chybám
dojde k vytvoření silných elektromagnetických polí	ovlivnění zařízení citlivých na el. mag. pole, rušení signálů

Tab. 3 Riziková analýza: Oblast zájmu – centrální databáze ITP

Co se stane, když?	Odpověď
systémy nebudou spolehlivé	časté poruchové stavy, nutná údržba, ekonomicky nevýhodné
se nezajistí kompatibilita systémů od různých výrobců	dojde ke špatnému/žádnému propojení prvků, systém ztratí funkci kooperace
nebude dostatečná standardizace prvků/systémů	nekompatibilní systémy (viz předchozí otázka)
software bude vyžadovat často aktualizace	nestálost systémů při implementaci, možná chyba při kompatibilitě, možné snížení bezpečnosti
dojde k výpadku centrální databáze	ztráta spojení mezi uživatelem a parkovištěm

Tab. 4 Riziková analýza: Oblast zájmu – webové/mobilní aplikace ITP

Co se stane, když?	Odpověď
systémy nebudou spolehlivé	časté poruchové stavy, nutná údržba, ekonomicky nevýhodné
se nezajistí kompatibilita systémů od různých výrobců	dojde ke špatnému/žádnému propojení prvků, systém ztratí funkci kooperace
bude uživatelské prostředí nepřehledné	ztráta důvěry a snížení využití aplikace uživatelem, zahlcení uživatele informacemi
budou aplikace zpoplatněny	snížení využití aplikace uživatelem

Tab. 5 Riziková analýza: Oblast zájmu – uživatelé ITP

Co se stane, když?	Odpověď
nebude zajištěno dostatečné proškolení řidičů na nové systémy a legislativu	nízká využitelnost prvků a snížení efektivity systémů, nevědomé porušení zákona
řidič spoléhá jen na systémy ITP	v místech bez ITP řidič ztrácí všímavost k vnějším podnětům
řidič nespolečá vůbec na systémy ITP	snížená efektivita ITP, nezajištění bezpečnostní funkce
nebude zajištěna dostatečná ochrana informací o řidičích	krádež osobních informací
uživatelé budou nuceni využívat systémy ITP	ekonomická zátěž, nutnost proškolení uživatelů

Z analýzy vyplývá, že rizika objevující se při nasazení ITP systémů nejsou jen v oblasti vlastní komunikace, která je ve studiích nejvíce analyzována. Objevují se například i rizikové faktory spolehlivosti, standardizace a uživatelské bezpečnosti. V případě nedostatečného pokrytí službami ITP může dojít k ovlivnění dat, které je v pokročilé fázi autonomie nepřijatelné. V kategoriích uživatelé (profesionální řidiči/dopravci) je rizikovým faktorem školení, které by snížilo efektivitu využití ITP a tím i snížení samotného pozitivního dopadu těchto systémů. Dalším důležitým rizikovým faktorem je ochrana údajů a informací jak o řidiči, tak o samotné přepravní společnosti, zde může dojít ke zneužití získaných dat k obohacení konkurence. Snížení efektivity systémů může také zapříčinit obava uživatele z krádeže osobních údajů (stejně jako u profesionálních řidičů) a strach ze sledování tzv. Big Brother fenomén [17].

4. NÁVRH OPATŘENÍ

Ve všech zmíněných případech může dojít ke komplikacím při implementaci ITP systémů a tím může dojít k zpomalení rozvoje těchto systémů a jejich využití ke zvýšení bezpečnosti nákladní dopravy. Ze seznamu rizikových faktorů vyplývá, že je nutné standardizovat prvky ITP minimálně na národní úrovni, zejména z důvodu kompatibility

jednotlivých systémů. Jedním z možných opatření by mohlo být také vytvoření jednotného systému ITP jak pro státy, tak pro výrobce a poskytovatele služeb. Toto opatření by usnadnilo i školení pro profesionální řidiče a dopravce. Standardizace by také mohla napomoci se spolehlivostí jednotlivých prvků systému. Ze zmíněných rizikových faktorů nevyplývají výrazné bezpečnostní problémy, tudíž je možné předpokládat, že správnou implementací by mělo dojít k požadovanému efektu. Tedy ke zvýšení efektivity odpočívek a tím i zlepšení bezpečnosti při parkování nákladních vozidel.

Jelikož je standardizace náročný proces, bylo by vhodné vytvořit zjednodušenou verzi pomocí metodiky implementace ITP. Tato verze by mohla sloužit státům evropské unie pro rychlejší nasazení systémů ITP. Návrh postupu implementace je možné vytvořit podobně jako metodiku pro zpracování strategických plánů udržitelné městské mobility [18].

Zde se implementace plánů mobility rozděluje do pěti fází:

- Fáze A (Přípravná a úvodní analýza),
- Fáze B (Analytická etapa),
- Fáze C (Návrhová část),
- Fáze D (Akční plán),
- Fáze E (Realizace a monitoring).

V případě metodiky pro ITP by Fáze A obsahovala prvotní přípravu na nasazení systémů chytrých parkovišť, harmonogram implementace, zapojení zainteresovaných stran a územní plánování. Fáze B by byla zaměřena na komplexní analýzu navrhované inteligentní odpočívky. Cílem analytické části by bylo rozpoznat silné a slabé stránky vlastního návrhu s ohledem zejména na bezpečnost, ekologičnost, ekonomičnost a další faktory ovlivňující silniční odpočívky. Výstupy z analytické části by poté bylo možné aplikovat ve Fázi C, tedy návrhové části. Ta by řešila specifické cíle problematiky a navrhovala by možná řešení problému. Fáze D je zejména proces schvalovací, kdy dochází ke schvalování jednotlivých kroků navržených v předešlých fázích. Samotná realizace by byla náplní poslední fáze E. V této fázi také dochází k monitoringu realizace a dále také monitoringu celkové účinnosti vytvořeného systému. Zde proces nekončí, ovšem vrací se zpět na začátek fáze A a vytvoří tím iterační cyklus, u kterého sledujeme jeho vliv na uvedené faktory ovlivňující silniční odpočívky. Tedy v případě, že při prvním průchodu cyklem se nezajistí dostatečně bezpečná implementace parkovišť pro jízdní soupravy, je možné tyto nedostatky v dalším kroku odhalit a vyřešit.

5. ZÁVĚR

Problematika ITP je velice aktuální tématem. Ve většině případů se řeší zejména její pozitivní vliv na parkování nákladních vozidel, a tím zvýšení bezpečnosti na silnicích. Výsledky této studie ukazují, že ITP systémy při špatném použití nemusí přinést vždy jen zlepšení situace. K tomu, aby nasazení systémů do skutečného provozu bylo co nejefektivnější, je nutné zaměřit se na rizikové faktory. Článek zmiňuje jen úzkou oblast klíčových rizikových faktorů, které se mohou objevit u implementace ITP. Jelikož jsou technologie ITP v počátečních fázích implementace, bylo by vhodné vytvořit komplexní analýzu rizik pilotních studií, která by se již mohla odvíjet od kvantitativních analytických metod. Tato analýza by mohla sloužit k vytvoření metodiky hodnocení rizik ITP.

Poděkování

Príspevek byl zpracován za podpory Specifického vysokoškolského výzkumu MŠMT č.j. ÚSI-J-20-6368.

Literatura

- [1] Ministerstvo dopravy ČR: Režim řidičů [online], 2019. [cit. 2021-04-19]. Dostupné z: <https://www.mdcz.cz/Dokumenty/Silnicni-doprava/Nakladni-doprava/Rezim-ridicu/Rezim-ridicu>
- [2] CHO, Seokheon. Traffic Throughput and Safety Enhancement for Vehicular Traffic Networks [online]. University of California: eScholarship, 2014 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <http://www.escholarship.org/uc/item/5fz3p58h>
- [3] Lorry drivers parked illegally on the A2. In: KentOnline [online]. 2015 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://www.kentonline.co.uk/gravesend/news/lorry-drivers-fined-in-police-48007/>
- [4] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 561/2006 ze dne 15. března 2006 o harmonizaci některých předpisů v sociální oblasti týkajících se silniční dopravy, o změně nařízení Rady (EHS) č. 3821/85 a (ES) č. 2135/98 a o zrušení nařízení Rady (EHS) č. 3820/85. [cit. 2021-04-20] Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=celex%3A3A32006R0561>
- [5] Nařízení Rady (EHS) č. 3821/85 ze dne 20. prosince 1985 o záznamovém zařízení v silniční dopravě. [cit. 2021-04-20] Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:31985R3821&from=CS>

- [6] IRU – TRANSpark [online], 2019. [cit. 2021-04-20]. Dostupné z: <https://www.iru.org/apps/transpark-app>
- [7] Truck Parking Europe [online], 2019. [cit. 2021-04-19]. Dostupné z: <https://www.truckparkingeurope.com/>
- [8] DIERKE, Jens; kleine. Intelligent Controlled Compact Parking for Modern Parking Management on German Motorways. *Transportation Research Procedia* [online]. Elsevier B.V, 2016, 15, 620-627 [cit. 2021-04-21]. DOI: 10.1016/j.trpro.2016.06.052. ISSN 2352-1465.
- [9] Kompaktparken [online], 2019. [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <http://www.kompaktparken.de/en/>
- [10] UMneo & URSA CZ joint ITP workshop in Prague. The European ITS Platform [online]. 2020, 13. 7. 2018 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://www.its-platform.eu/highlights/umneo-ursa-cz-joint-itp-workshop-prague>
- [11] TÝC, Filip. Chytré parkování kamionů – URSA Czech Republic. In: Fórum Ústecký kraj: PŘEHLED KONFERENCÍ A FÓR ÚSTECKÉHO KRAJE [online]. 2019 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: http://forumusteckykraj.cz/gis-outdoor/wp-content/uploads/3a_Tyc.pdf
- [12] Silniční databanka a NDIC. Ředitelství silnic a dálnic ČR [online]. 2020 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://www.rsd.cz/wps/portal/web/rsd/Silnicni-databanka>
- [13] Odpočívky na českých dálnicích. In: Ředitelství silnic a dálnic ČR [online]. 2018 [cit. 2021-04-15]. Dostupné z: https://www.rsd.cz/wps/wcm/connect/8fd5918a-4027-4a1c-81e1-0da8583b2eb6/rsd_odpocivky_2018_web.pdf?MOD=AJPERES
- [14] URBÁNEK, M. Možnosti a limity chytrých parkovacích systému v rámci konceptu smart city. In *Sborník příspěvků konference Junior Forensic Science Brno 2020*. 2020. s. 53-59. ISBN: 978-80-214-5827-7.
- [15] URBÁNEK, M.; ADAMEC, V.; SCHÜLLEROVÁ, B.; KOHOUTEK, J. Risk identification of implementation of ITS to real traffic. In *TIS Roma 2019 Conference Proceedings*. *Transportation Research Procedia*. Elsevier, 2020. s. 787-794. ISSN: 2352-1465.
- [16] ISO 31000, Risk management, 2018. International Organization for Standardization.
- [17] ZUREIK, Elia a Mark B. SALTER, 2005. *Global surveillance and policing: borders, security, identity*. Portland, Ore.: Willan. ISBN 184392160X.
- [18] Metodika pro zpracování strategických plánů udržitelné městské mobility v České republice. In: *Ministerstvo dopravy ČR* [online]. Brno: Centrum dopravního výzkumu, 2015, p. 104 [cit. 2021-05-1]. Dostupné z: [https://www.mdcz.cz/Dokumenty/Strategie/Mobilita/Udrzitelna-mestska-mobilita-\(SUMP\)](https://www.mdcz.cz/Dokumenty/Strategie/Mobilita/Udrzitelna-mestska-mobilita-(SUMP))

Recenzoval

Albert Bradáč, Ing., Ph.D., Ústav soudního inženýrství, Purkyňova 464/118, Brno, bradac@usi.vutbr.cz

VYUŽITÍ MATEMATICKO-STATISTICKÝCH METOD V ANALÝZE ZÁVISLOSTI PŘÍČIN DOPRAVNÍCH NEHOD NA VĚKU ŘIDIČŮ OSOBNÍCH VOZIDEL

USE OF MATHEMATICAL-STATISTICAL METHODS IN THE ANALYSIS OF THE CAUSES OF TRAFFIC ACCIDENTS IN RELATION TO THE AGE OF PASSENGER CAR DRIVERS

Aleš Vrána¹

Abstrakt

Rizikové chování určité věkové skupiny řidičů ve vztahu k počtu dopravních nehod a závažnosti jejich následků je možné obecně vyjádřit mírou rizika, která je jednotlivým věkovým kategoriím řidičů vlastní [1]. Pro účinné snížení tohoto rizika je nutno volit nápravná opatření, která cílí na specifické příčiny vzniku dopravních nehod dané věkové skupiny řidičů. S využitím jednoduchých matematicko-statistických metod jsou v předkládaném článku analyzovány příčiny dopravních nehod z hlediska počtu jejich výskytů v jednotlivých věkových skupinách řidičů a určeny ty, které dané věkové skupině dominují. Pomocí regresní analýzy je dále posuzována funkční závislost věku řidiče a pravděpodobnost výskytu dominantních příčin dopravní nehody v jeho věkové skupině. Pochopení této závislosti a dalších rizikových faktorů, které ovlivňují nehodovost řidičů určitého věku, je klíčem k volbě účinných nápravných opatření ke snížení dopravní nehodovosti u všech věkových skupin řidičů.

Abstract

The risk behavior of a certain age group of drivers in relation to the number of traffic accidents and the severity of their consequences can generally be expressed by the degree of risk inherent in individual age categories of drivers [1]. To effectively reduce this risk, it is necessary to choose corrective measures that target the specific causes of accidents in a given age group of drivers. Using simple mathematical-statistical methods, the present article analyzes the causes of traffic accidents in terms of the number of their occurrences in individual age groups of drivers and identifies those that dominate the age group. Using regression analysis, the functional dependence of the driver's age and the probability of the occurrence of dominant causes of a traffic accident in his age group are further assessed. Understanding this dependence and other risk factors that affect the accident rate of drivers of a certain age is the key to choosing effective remedial measures to reduce road accidents for all age groups of drivers.

Klíčová slova

Příčiny dopravních nehod; Věková skupina řidiče; Dopravní nehody mladých řidičů; Dopravní nehody starších řidičů; Míra rizika dopravní nehody;

Keywords

Causes of traffic accidents; Driver age group; Traffic accidents of young drivers; Traffic accidents of older drivers; Traffic accident risk level;

1. ÚVOD

1.1 Vymezení problémové situace

Zvyšující se poptávka po individuální mobilitě přináší kromě mnoha pozitivních efektů také řadu rizik, která jsou spojena s trvale rostoucím počtem vozidel na silnicích. Se zvyšující se hustotou silničního provozu, rozvojem silniční infrastruktury a nárůstem komplexity dopravních situací rostou i nároky kladené na chování a schopnosti řidičů. Právě selhání řidiče, popř. jiného účastníka silničního provozu, je v současnosti zcela dominantní příčinou vzniku dopravních nehod, jejichž důsledky mají negativní dopad na život, zdraví a majetek lidí. Je proto celospolečenským zájmem, počet dopravních nehod a zároveň závažnost jejich důsledků trvale snižovat. Činnost v oblasti prevence dopravních nehod a kontinuální zvyšování bezpečnosti silničního provozu je nejen úkolem řady státních, ale i soukromých subjektů a organizací [1].

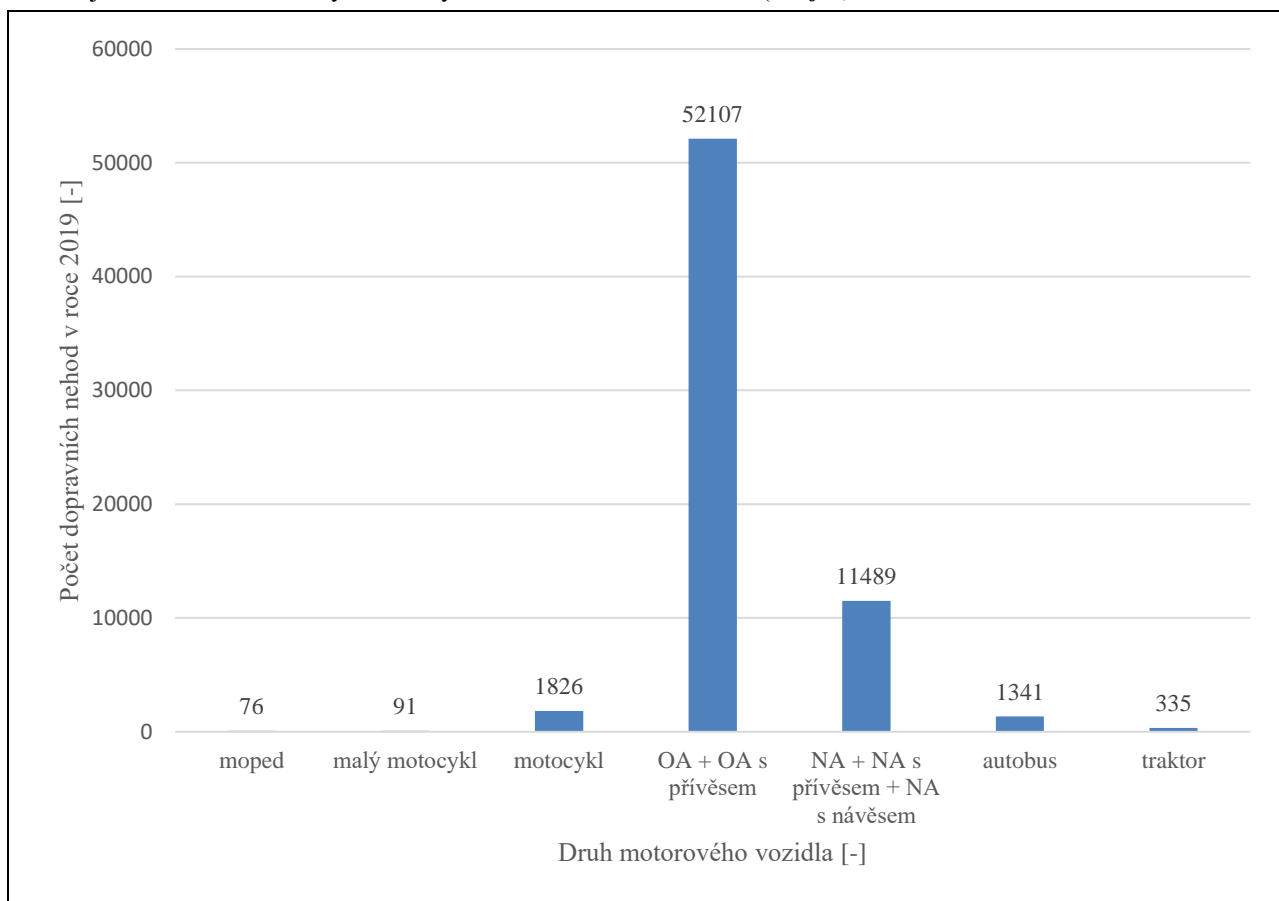
Základním předpokladem pro správnou volbu nápravných opatření vedoucích ke snížení počtu dopravních nehod i závažnosti jejich následků, je analýza a pochopení jejich průběhu a příčin. Řešení silničních dopravních nehod je však problémem značně komplexním, který musí být v systémovém pojetí řešen v obecném systému člověk-stroj-prostředí. Mezi základní prvky tohoto systému patří řidič-vozdlo-vozovka a okolí. Předkládaná analýza se věnuje

¹Aleš Vrána, Ing. MBA, Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Purkyňova 464/118, 612 00 Brno, vranaa@centrum.cz

pouze části entity řidič a snaží se na základě posouzení četnosti výskytu stanovených příčin dopravních nehod (nikoli ve smyslu technických příčin standardně analyzovaných v rámci znalecké činnosti) hledat signifikantní odlišnosti v rizikovém chování řidičů různých věkových skupin.

1.2 Vstupní data

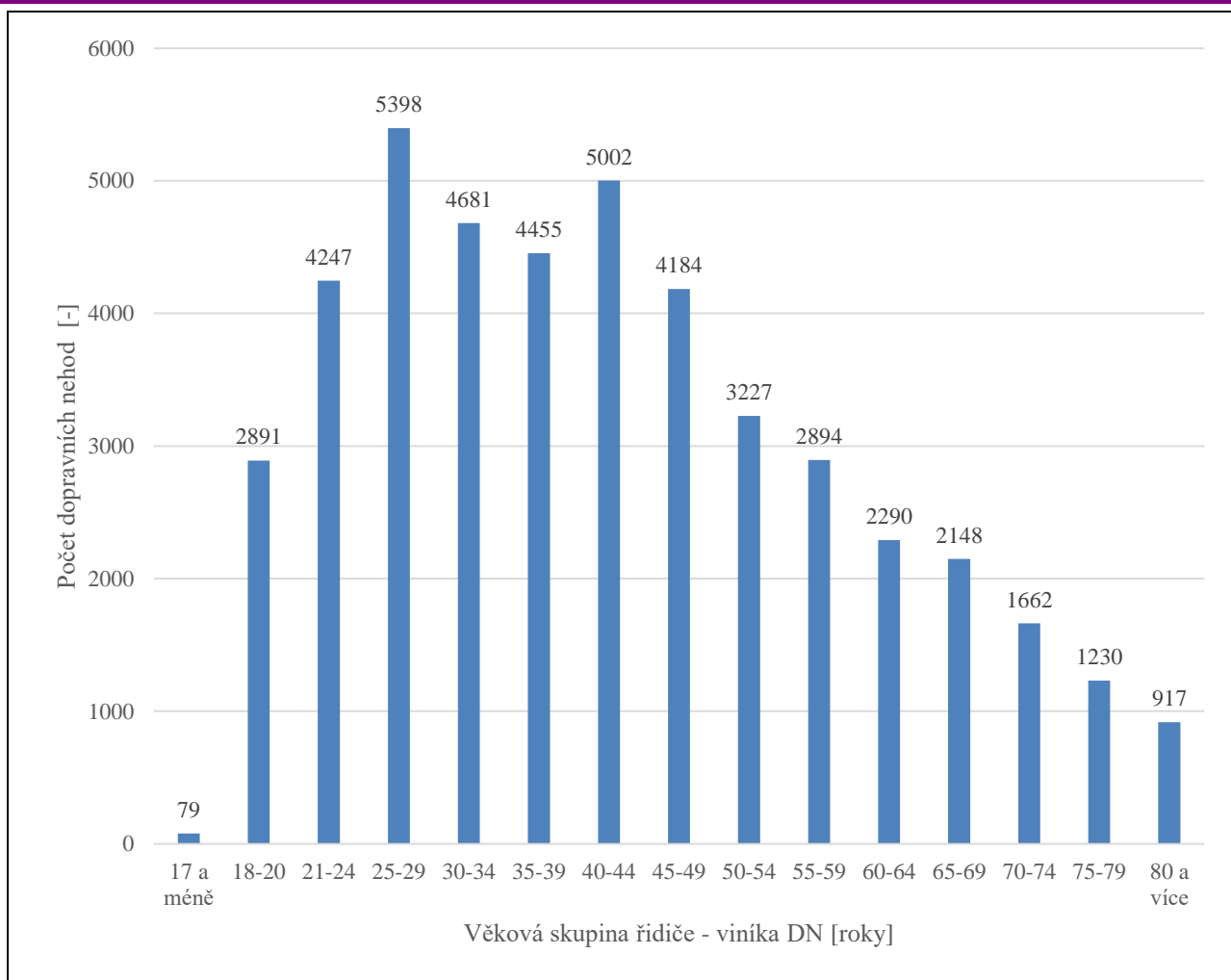
Předkládaná analýza vychází ze souboru statistických údajů Ředitelství služby dopravní policie Policejního prezidia České republiky o nehodovosti na pozemních komunikacích za rok 2019. Z celkového počtu 52107 dopravních nehod zaviněných řidiči OA¹ (včetně osobních vozidel s přívěsem) bylo analyzováno 45305 případů, u kterých byl zjištěn věk řidiče a stanovena hlavní příčina dopravní nehody. Analýza tedy zahrnuje téměř 87 % všech dopravních nehod zaviněných řidiči osobních vozidel na území České republiky v roce 2019. Počet evidovaných nehod osobních vozidel je mezi ostatními druhy motorových vozidel zcela dominantní (**Graf 4**).



Graf 4 Srovnání počtu dopravních nehod zaviněných řidiči dle typů motorových vozidel v roce 2019

Pro účely analýzy funkční závislosti výskytu jednotlivých hlavních příčin dopravních nehod osobních vozidel na věku řidičů byly všechny získané statistické údaje rozříděny do 14 věkových skupin. Pro uvedenou analýzu není podstatné, že se počet aktivních řidičů vlivem věkového rozdělení populace v jednotlivých věkových skupinách liší. Jak bude popsáno dále, statisticky podstatný je pouze dostatečný počet nehod v dané věkové skupině. Z tohoto a dalších důvodů, nebyly do analýzy zahrnuty nehody věkové skupiny 17 a méně, jejichž celkový počet (79) byl pro statistické vyhodnocení nedostatečný a které byly převážně způsobeny řidiči bez příslušného řidičského oprávnění (sk. B, popř. B+E). Neoprávněnému užití osobního vozidla odpovídá i skutečnost, že nejčastější příčinou těchto nehod bylo nezvládnutí řízení vozidla. Z důvodu nižšího počtu nehod byla rovněž vytvořena pouze jedna kategorie pro nejstarší řidiče, která zahrnuje všechny nad 80 let. Počty analyzovaných nehod v jednotlivých věkových skupinách zobrazuje **Graf 5**.

¹⁾ OA – osobní automobil (NA – nákladní automobil)



Graf 5 Počet analyzovaných dopravních nehod zaviněných řidiči osobních vozidel (včetně přířvesu) v roce 2019 v jednotlivých věkových skupinách

2. ANALÝZA PŘÍČIN DOPRAVNÍCH NEHOD OSOBNÍCH VOZIDEL

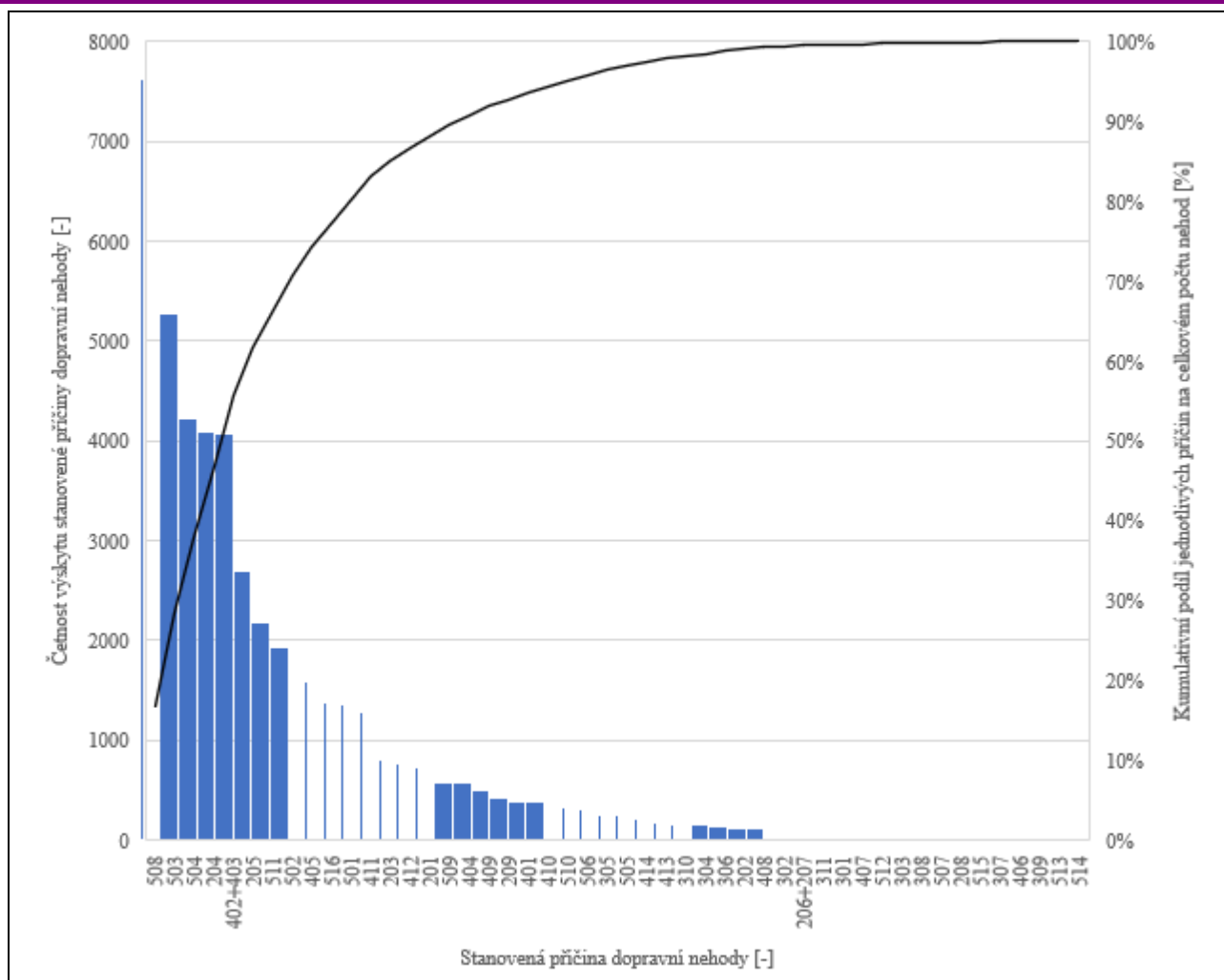
2.1 Určení významnosti všech stanovených příčin

U každé evidované nehody, která je zaviněna řidičem, je stanovena jedna hlavní příčina, která vedla ke vzniku dopravní nehody. S výjimkou, kdy viník nehody uplatňuje technickou závadu na vozidle, je stanovena jedna z 50 možných příčin, které jsou uspořádány do 4 hlavních skupin.

- Nepřiměřená rychlost jízdy,
- nesprávné předjíždění,
- nedání přednosti v jízdě,
- nesprávný způsob jízdy.

Každá jednotlivá příčina je popsána číselným kódem, který je zaznamenán do souborů statistických dat (údajů o nehodě). Přehled všech užitých kódů příčin a jejich kategorizace do hlavních skupin je uvedena v příloze v **Tab. 6**. Pro všechny nehody v definovaných věkových skupinách řidičů je tak možné zjistit četnost jednotlivých stanovených příčin.

Vynesením četnosti výskytů všech příčin do tzv. Paretova diagramu viz **Graf 6**, je možné graficky znázornit jejich významnost z hlediska podílu na celkovém počtu všech dopravních nehod.



Graf 6 Četnost jednotlivých příčin a jejich podíl na celkovém počtu dopravních nehod

Příčiny 402-nedání přednosti v jízdě proti příkazu dopravní značky „stůj, dej přednost v jízdě“ a 403-nedání přednosti v jízdě proti příkazu dopravní značky „dej přednost v jízdě“ byly pro účely analýzy posuzovány v součtu, jelikož obě vyjadřují stejný skutek, tedy nerespektování dopravní značky upravující přednost v jízdě. Stejně bylo postupováno u příčin 206-překročení předepsané rychlosti stanovené pravidly a 207-překročení předepsané rychlosti stanovené dopravní značkou, jelikož obě vyjadřují překročení předepsané rychlosti, které vedlo k dopravní nehodě.

Je zjevné, že z celkového počtu 50 stanovených příčin, se 13 (tj. 26 %) podílelo na více než 80 % všech dopravních nehod. Těchto 13 resp. 12 dominantních příčin bylo dále analyzováno.

2.2 Určení pravděpodobnosti výskytu vybraných nejčastějších příčin

S využitím obecné definice statistické pravděpodobnosti předpokládáme, že jedna dopravní nehoda řidiče daného věku představuje jeden náhodný pokus. Opakuje-li se tento pokus N -krát, můžeme v K případech pozorovat výskyt náhodného jevu A . Jev A zde představuje výskyt zkoumané konkrétní příčiny dopravní nehody. Pokud se zvyšováním počtu opakování pokusu poměr K/N blíží nějakému číslu, pak toto číslo můžeme považovat za pravděpodobnost daného jevu.

$$P(A) = \frac{K}{N} \quad (1)$$

Pravděpodobnosti výskytu $P(A)$ vybraných dominantních příčin dopravních nehod způsobené řidiči osobních vozidel v jednotlivých věkových kategoriích vypočtených podle (1) uvádí **Tab. 4**. Vybrané příčiny jsou v tabulce seřazeny zleva doprava od nejvyšší četnosti výskytu (v celkové nehodovosti bez ohledu na věkovou skupinu řidiče) po nejnižší (analogicky k **Grafu 6**).

Tab. 4 Pravděpodobnosti výskytu vybraných dominantních příčin dopravních nehod

Věková skupina řidiče [roky]	Pravděpodobnost výskytu dané příčiny dopravní nehody [-] (Jednotlivé příčiny jsou označeny kódem, viz Tab. 6)											
	508	503	504	204	402 + 403	205	511	502	405	516	501	411
18-20	0,157	0,086	0,074	0,145	0,071	0,154	0,053	0,026	0,029	0,019	0,027	0,011
21-24	0,146	0,115	0,076	0,146	0,061	0,102	0,051	0,022	0,035	0,025	0,022	0,021
25-29	0,151	0,133	0,079	0,118	0,074	0,079	0,044	0,036	0,036	0,025	0,028	0,026
30-34	0,159	0,132	0,088	0,104	0,071	0,066	0,048	0,045	0,032	0,032	0,021	0,029
35-39	0,159	0,130	0,086	0,090	0,083	0,059	0,049	0,044	0,037	0,031	0,026	0,029
40-44	0,162	0,137	0,094	0,080	0,093	0,044	0,044	0,041	0,037	0,031	0,027	0,034
45-49	0,168	0,134	0,090	0,078	0,091	0,041	0,044	0,041	0,040	0,033	0,028	0,035
50-54	0,184	0,124	0,094	0,069	0,108	0,036	0,043	0,044	0,034	0,035	0,033	0,037
55-59	0,186	0,110	0,111	0,069	0,104	0,028	0,044	0,048	0,040	0,031	0,035	0,031
60-64	0,187	0,093	0,111	0,060	0,109	0,027	0,043	0,053	0,033	0,038	0,042	0,034
65-69	0,179	0,085	0,120	0,048	0,118	0,026	0,054	0,066	0,033	0,033	0,041	0,031
70-74	0,217	0,073	0,128	0,035	0,128	0,021	0,059	0,057	0,032	0,034	0,057	0,022
75-79	0,217	0,065	0,121	0,034	0,131	0,023	0,062	0,068	0,030	0,036	0,041	0,026
80 a více	0,201	0,053	0,122	0,034	0,149	0,028	0,050	0,060	0,039	0,041	0,041	0,021

2.3 Určení závislosti výskytu vybraných příčin na věku řidiče

Uvažujeme, že mezi pravděpodobností výskytu dané příčiny a věkovou skupinou řidiče existuje nějaká funkční závislost. Pokud bychom tuto závislost vyjádřili graficky, budou x-ové souřadnice vyjadřovat věkovou skupinu řidiče a y-nové souřadnice pravděpodobnost jejich výskytu. Předpokládejme, že body na ose x (věková skupina, která reprezentuje všechny řidiče určitého věku) jsou přesné, zatímco body na ose y (pravděpodobnost výskytu jednotlivých příčin) jsou zatíženy náhodnou chybou.

Pokud bychom předpokládali, že je tato závislost lineární, bylo by možné tyto body proložit (aproximovat) přímkou popsanou obecnou rovnicí:

$$y = ax + b \quad (2)$$

Využitím lineární regrese můžeme najít optimální hodnoty koeficientů a a b tak, aby součet druhých mocnin odchylek y-nových hodnot byl co nejmenší (metoda nejmenších čtverců). Míru kvality regresního modelu je možné vyjádřit koeficientem determinace R^2 , který porovnává skutečné hodnoty y a jejich odhady. Nabývá hodnot od 0 do 1. Čím je R^2 vyšší, tím je lepší korelace, tj. tím je menší rozdíl mezi odhadem a skutečnými hodnotami y .

Jako minimální přijatelná míra kvality regresního modelu vyjádřena koeficientem determinace byla v předkládané analýze zvolena hodnota $R^2 > 0,8$. U závislostí vyhodnocených jako přijatelně lineární, byl blíže sledován význam koeficientu a z rovnice (2). Koeficient a představuje směrnici přímky, tj. tangens úhlu, který svírá přímka s kladným směrem osy x . Je-li $a > 0$, je funkce rostoucí, je-li $a < 0$, je funkce klesající. Směrnice tedy udává, jak silná (strmá) je funkční závislost a její směr.

Pro výpočet koeficientů a a b byla využita maticová funkce „=LINREGRESE“ v tabulkovém procesoru MS Excel. Ta kromě koeficientu a a b vyhodnocuje i koeficient determinace R^2 a další hodnoty, které by bylo možné využít pro podrobnější statistickou analýzu dat (např. statistiku F a stupeň volnosti df). Pomocí statistiky F je možné určit, zda se pozorovaná relace mezi závislými a nezávislými proměnnými vyskytuje náhodně. Pomocí stupňů volnosti df lze nalézt kritické hodnoty F ve statistické tabulce. Porovnáním hodnot z tabulky s F -statistikou, lze určit úroveň spolehlivosti modelu.

V případech, kdy míra kvality lineárního regresního modelu vyjádřená koeficientem determinace R^2 byla pod zvolenou přijatelnou mírou 0,8, byla hledána jiná, vhodnější aproximace souboru datových bodů. Stejně jako u lineární regrese (aproximace přímkou), byly koeficienty příslušných rovnic vypočteny metodou nejmenších čtverců. Pokud ani v případě dalších otestovaných typů aproximací (kvadratická, mocninná) nebylo dosaženo koeficientu determinace $R^2 > 0,8$, nebyla mezi hodnotami spolehlivě zjištěna žádná funkční závislost.

Kvadratická regrese je případ polynomické regrese, kdy stupeň polynomu je roven dvěma. Soubor datových bodů je aproximován kvadratickou funkcí:

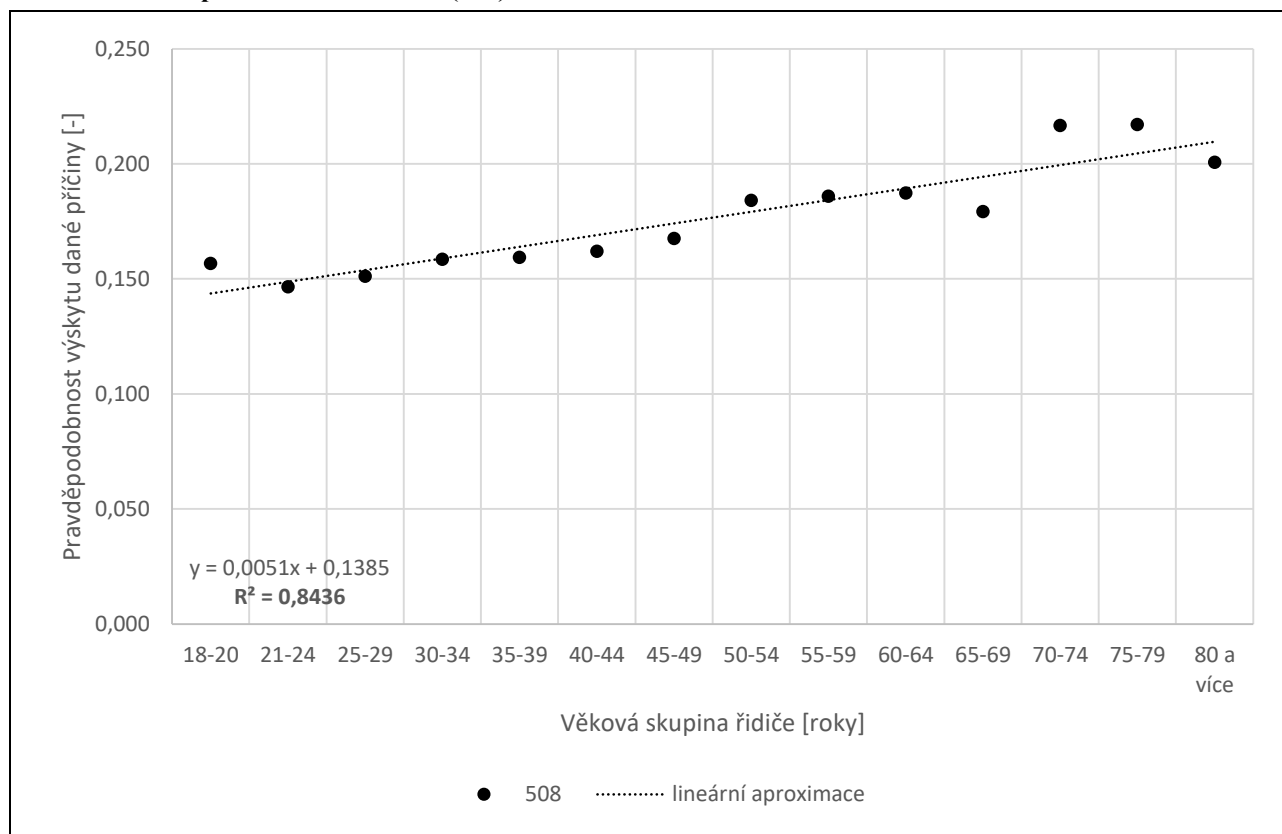
$$y = ax^2 + bx + c \quad (3)$$

U mocninné regrese je soubor datových bodů aproximován mocninou funkcí:

$$y = cx^b \quad (4)$$

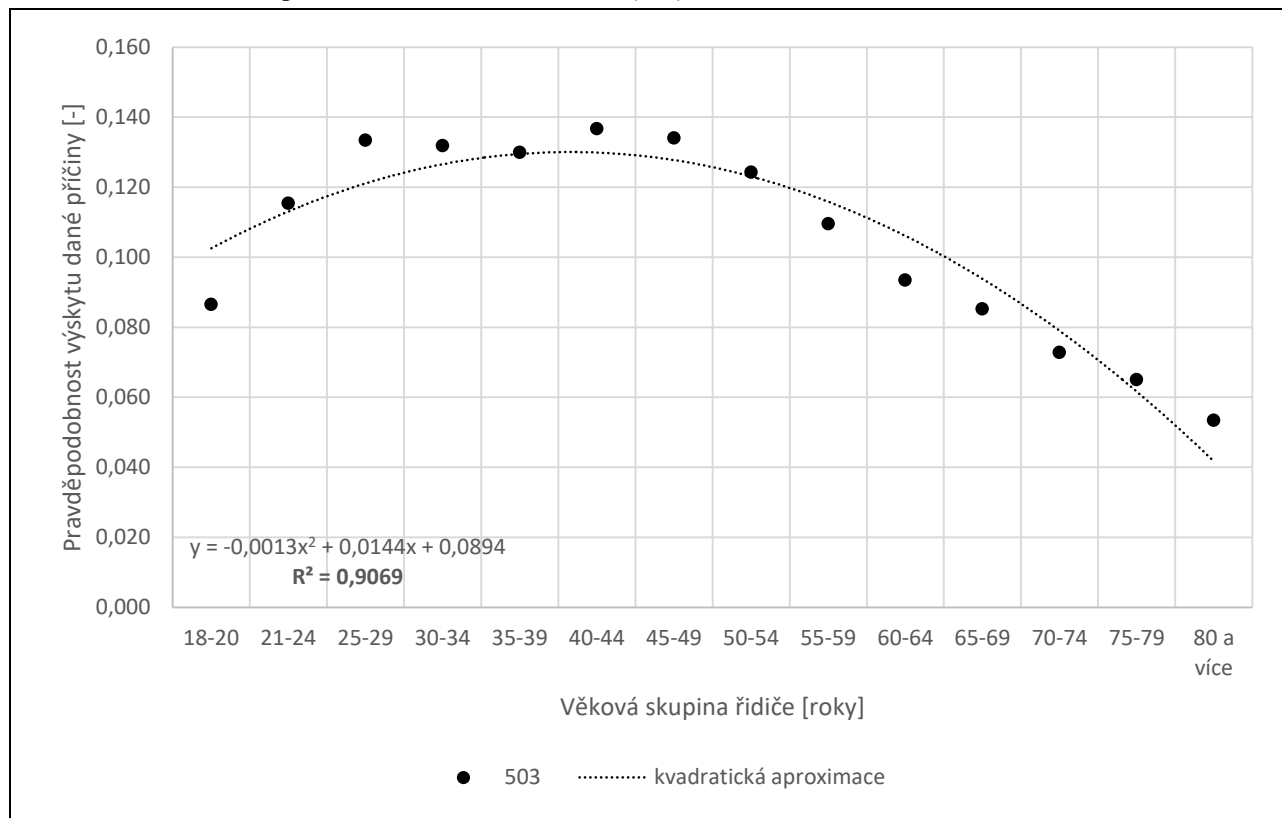
Uvedeným postupem je v kapitolách 2.3.1 až 2.3.12 analyzována a graficky zobrazena funkční závislost pravděpodobnosti výskytu vybrané příčiny dopravní nehody na věkové skupině řidiče včetně příslušné (nejlépe vyhovující) rovnice aproximace a koeficientu determinace R^2 .

2.3.1 Řidič se plně nevěnoval řízení (508)



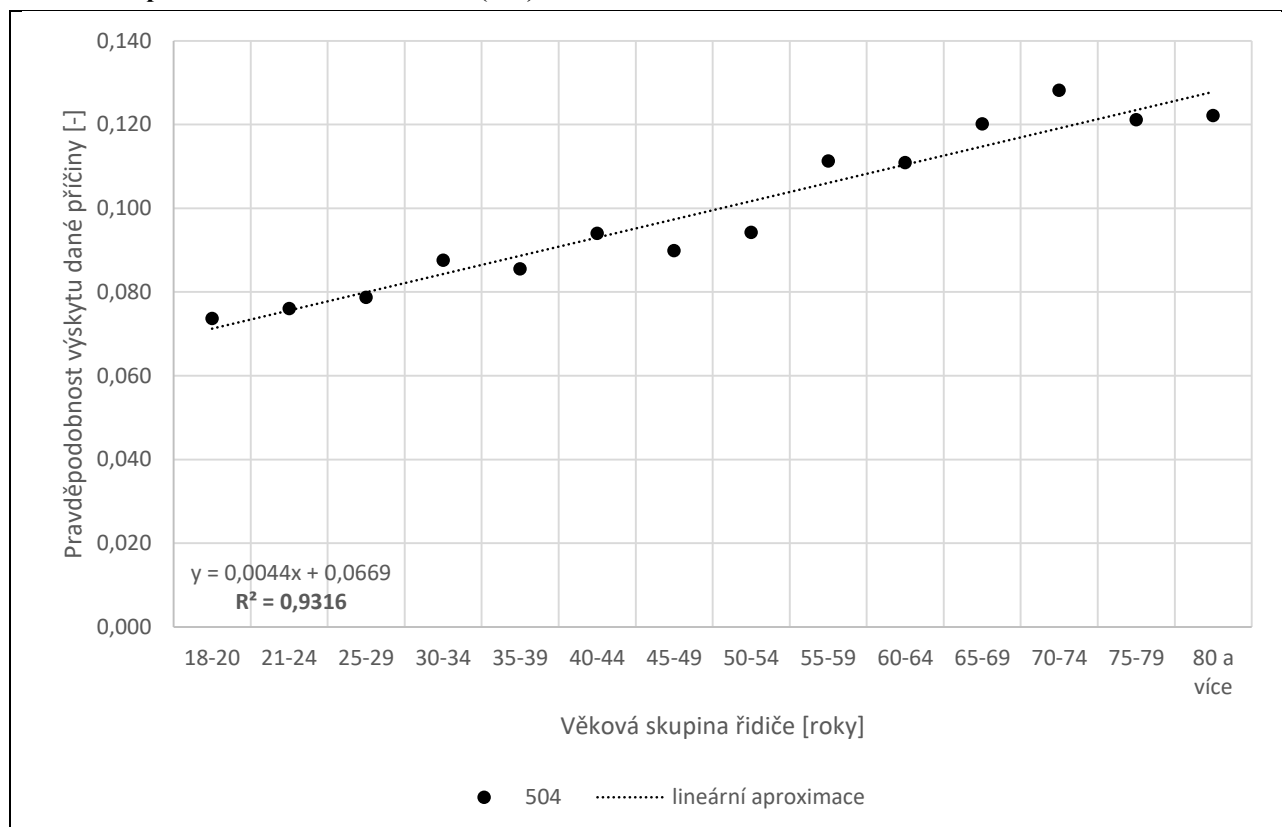
Graf 7 Závislost příčiny „řidič se plně nevěnoval řízení (508)“ na věkové skupině řidiče

2.3.2 Nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem (503)



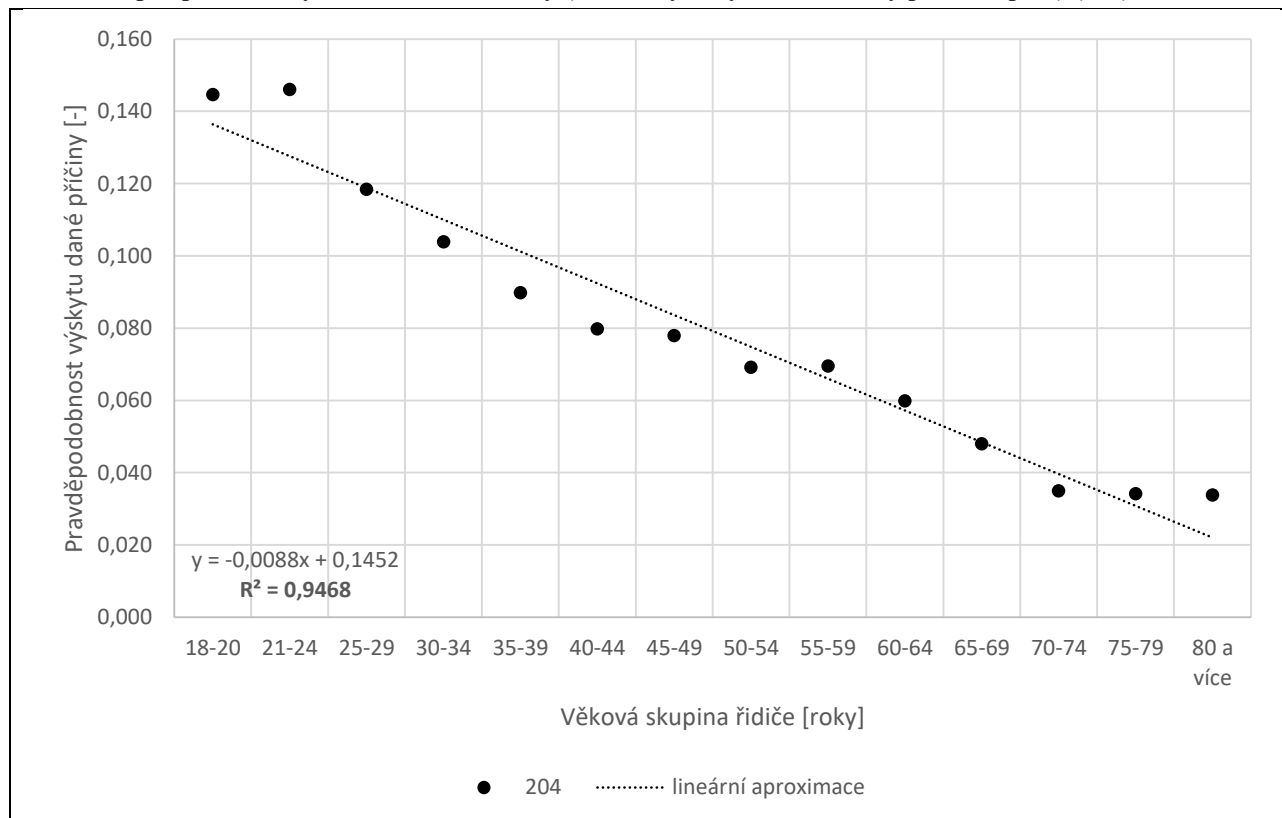
Graf 8 Závislost příčiny „nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem (503)“ na věkové skupině řidiče

2.3.3 Nesprávné otáčení nebo couvání (504)



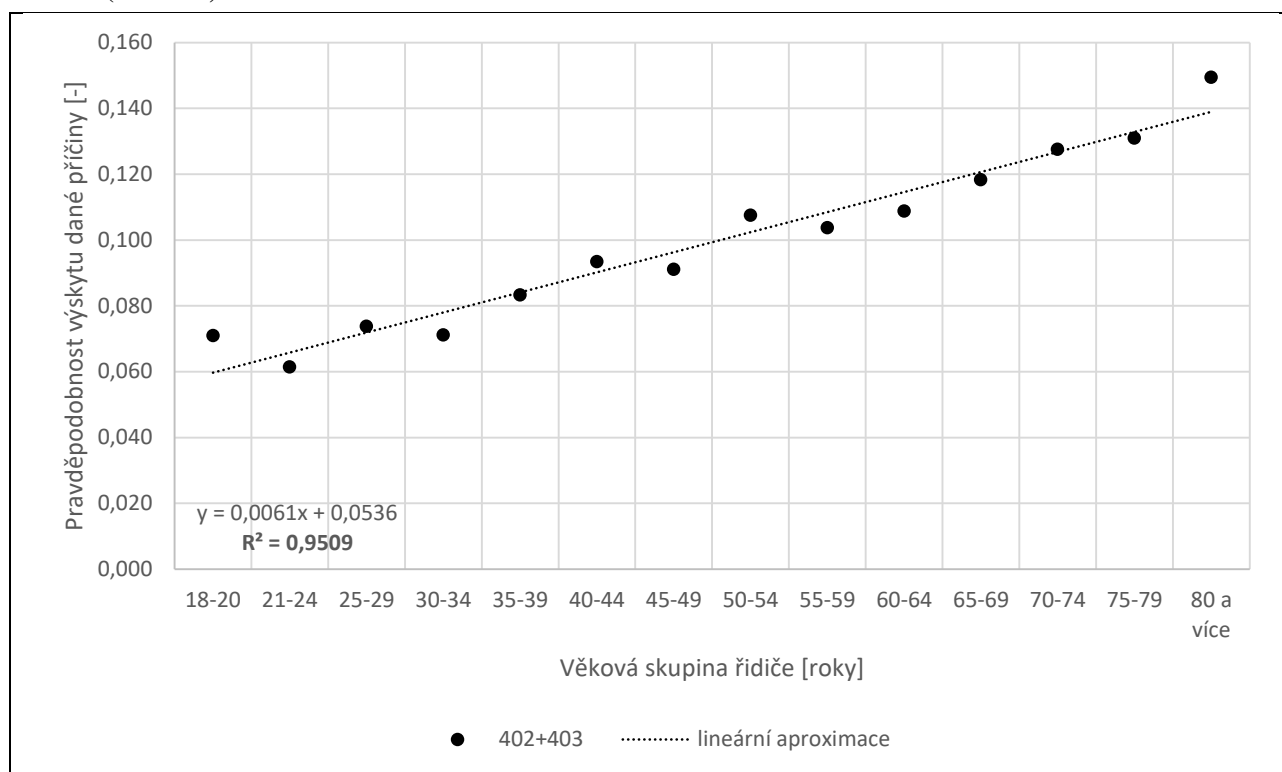
Graf 9 Závislost příčiny „nesprávné otáčení nebo couvání (504)“ na věkové skupině řidiče

2.3.4 Nepřizpůsobení rychlosti stavu vozovky (náledí, výtluky, bláto, mokrý povrch apod.) (204)



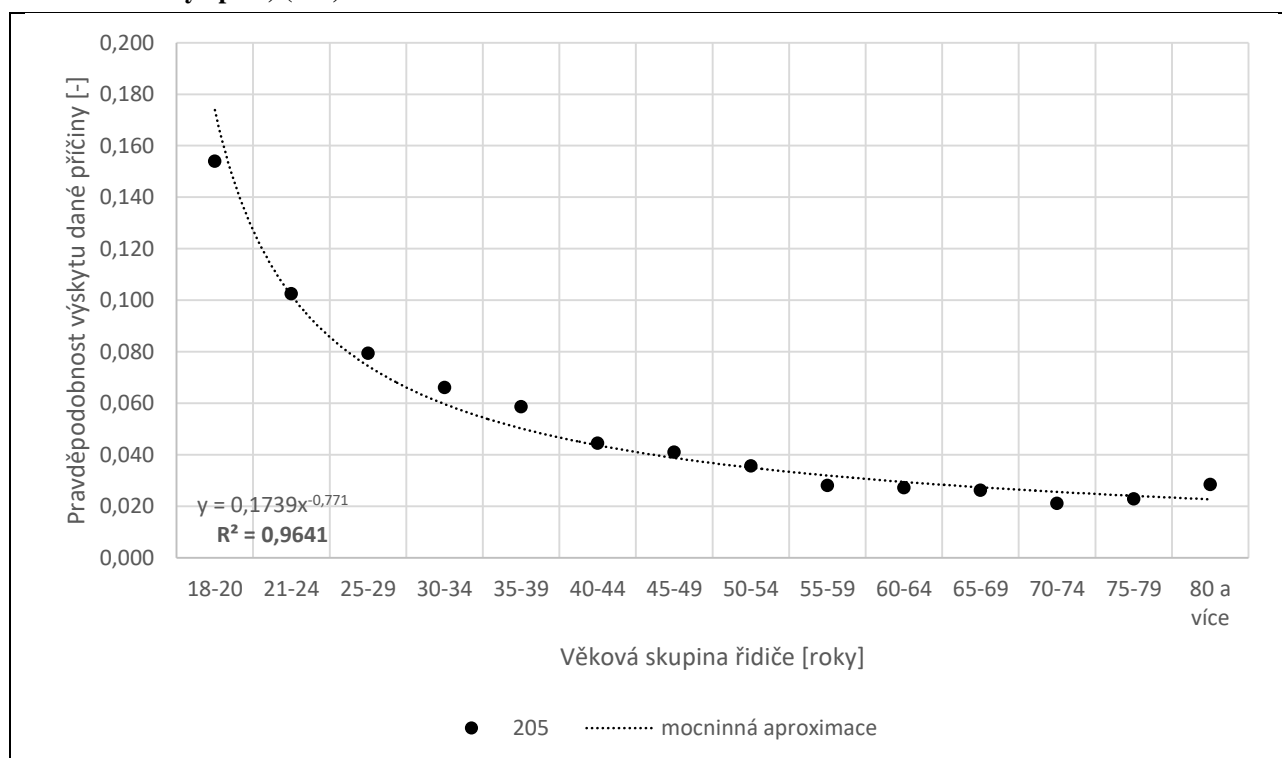
Graf 10 Závislost příčiny „nepřizpůsobení rychlosti stavu vozovky (204)“ na věkové skupině řidiče

2.3.5 Nedání přednosti v jízdě proti příkazu značky „stůj, dej přednost v jízdě“ a „dej přednost v jízdě“ (402+403)



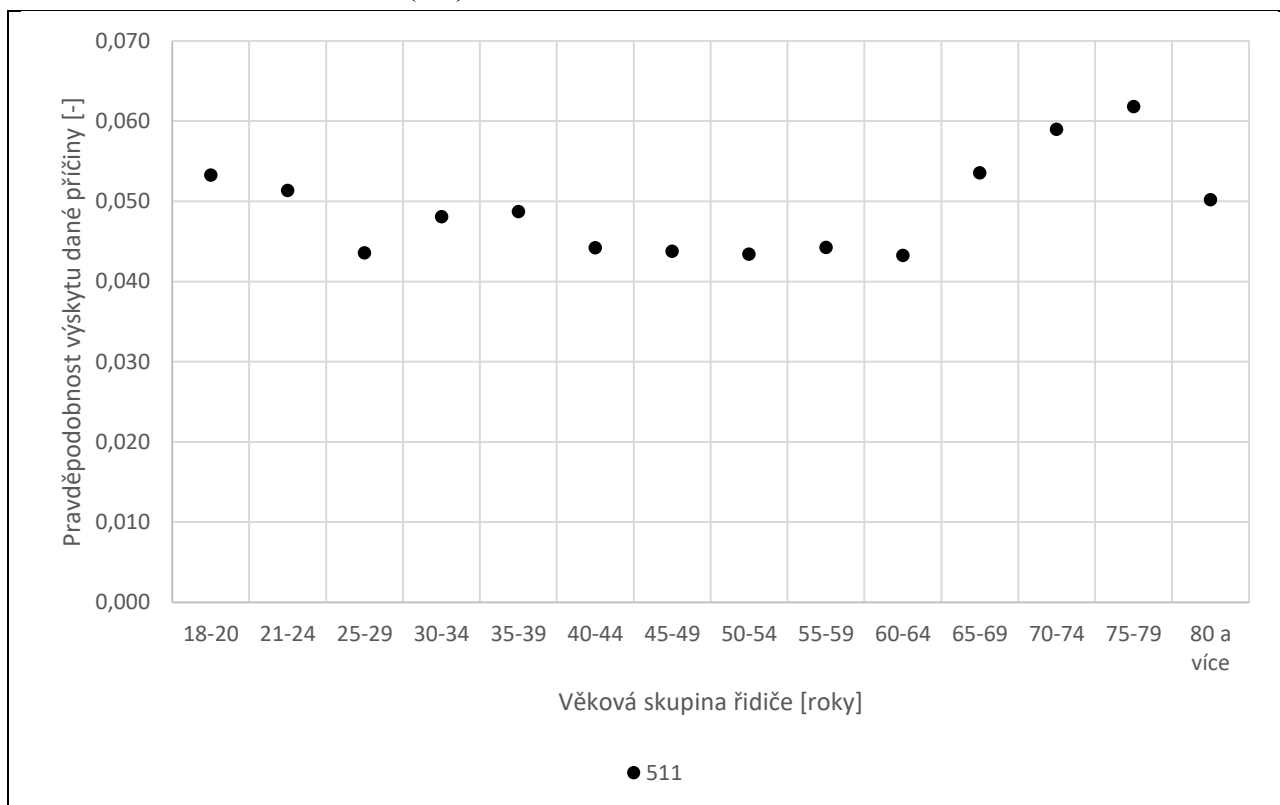
Graf 11 Závislost příčiny „nedání přednosti v jízdě proti příkazu značky „stůj, dej přednost v jízdě“ a „dej přednost v jízdě“ (402+403)“ na věkové skupině řidiče

2.3.6 Nepřizpůsobení rychlosti dopravně technickému stavu vozovky (zatačka, klesání, stoupání, šířka vozovky apod.) (205)



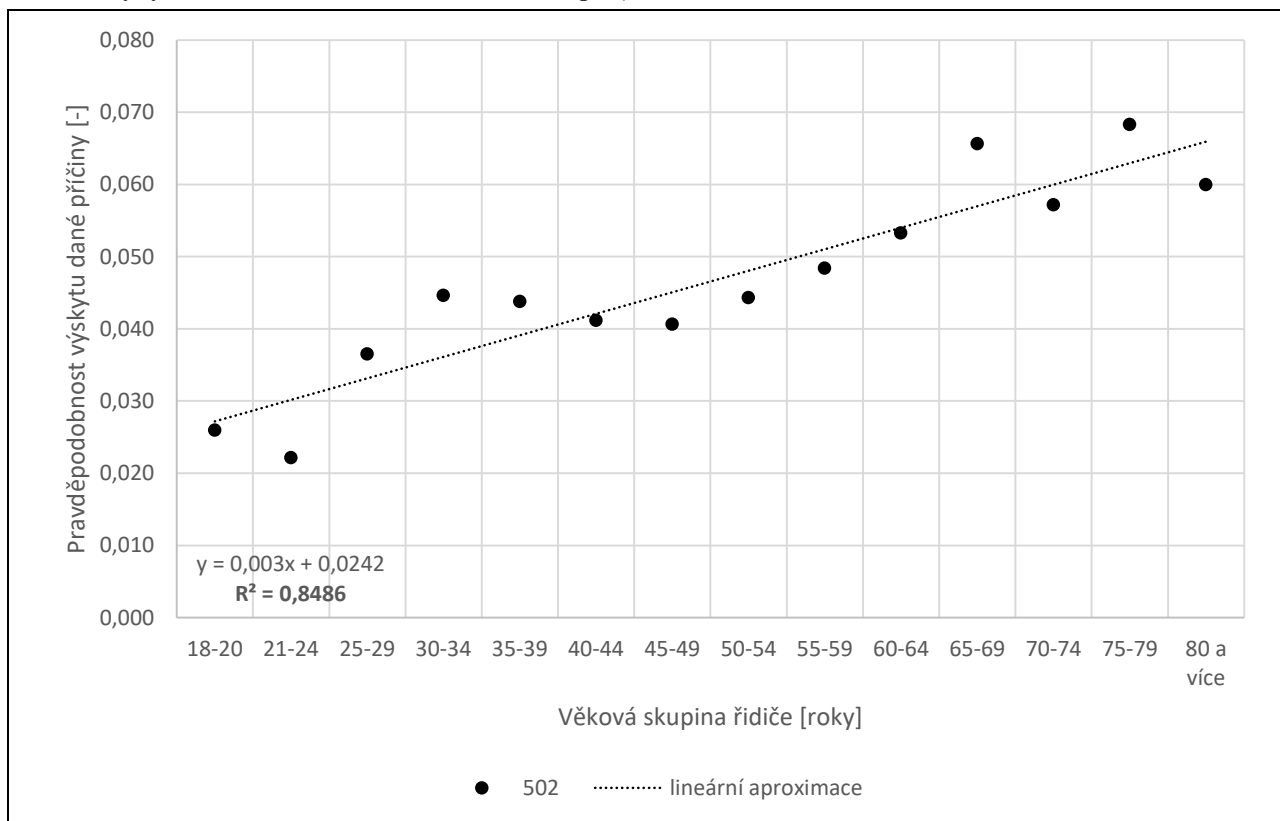
Graf 12 Závislost příčiny „nepřizpůsobení rychlosti dopravně technickému stavu vozovky (zatačka, klesání, stoupání, šířka vozovky apod.) (205)“ na věkové skupině řidiče

2.3.7 Nevládnutí řízení vozidla (511)



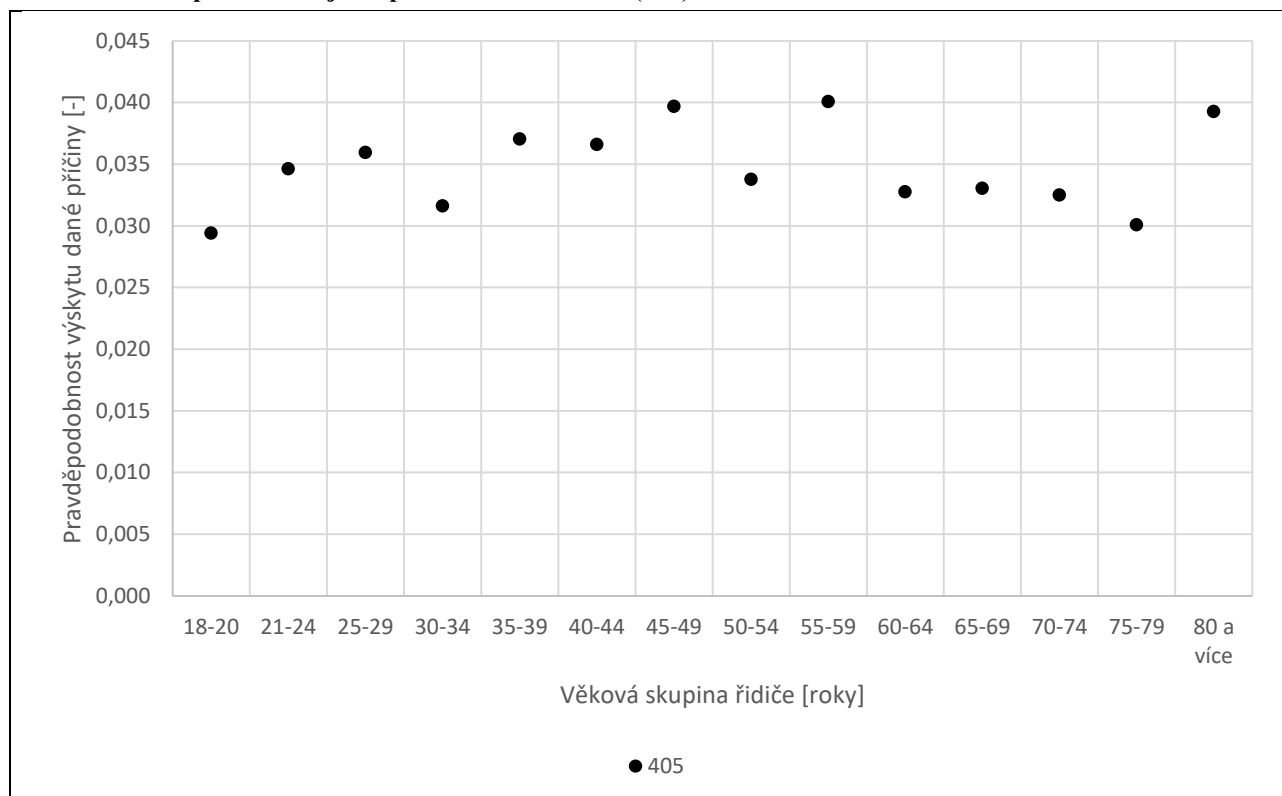
Graf 13 Závislost příčiny „nevládnutí řízení vozidla (511)“ na věkové skupině řidiče

2.3.8 Vyhýbání bez dostatečného bočního odstupu (vůle) (502)



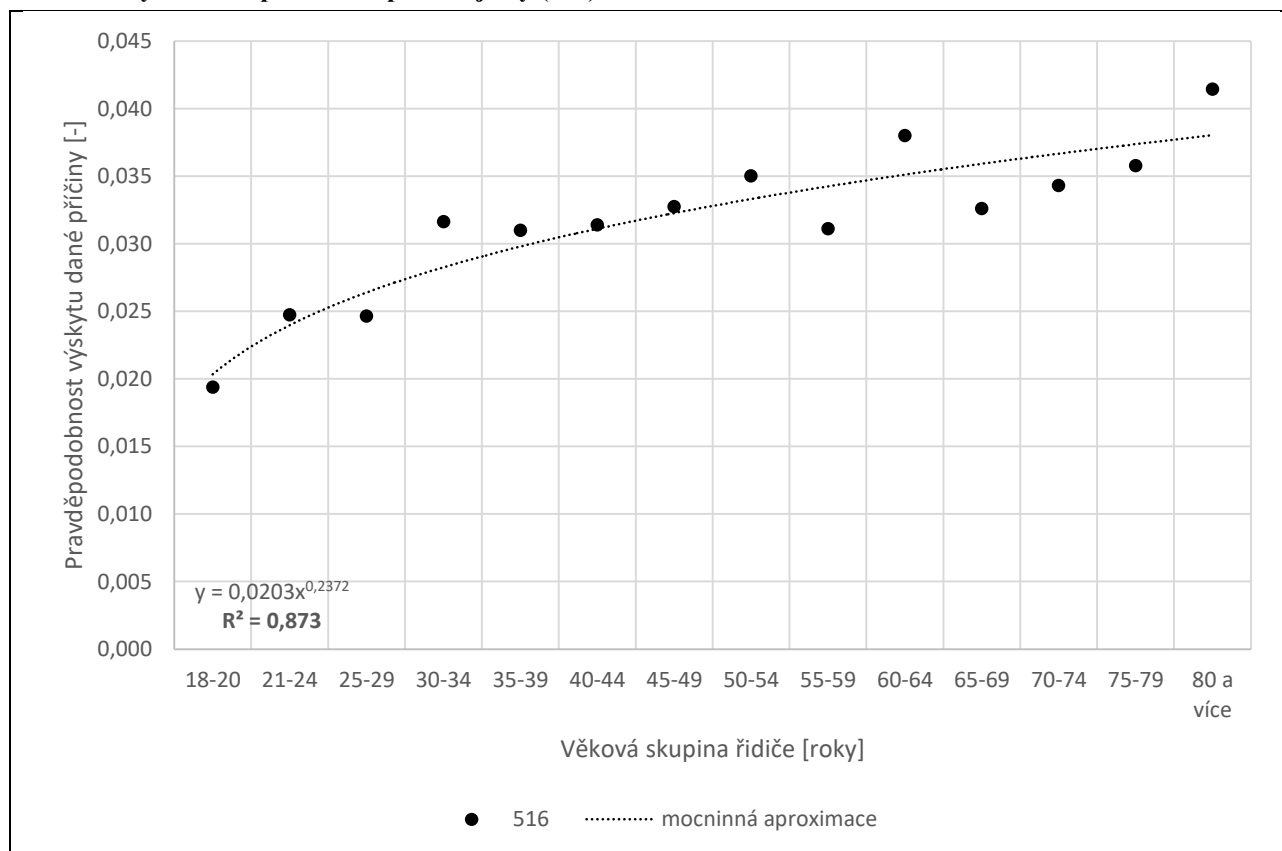
Graf 14 Závislost příčiny „vyhýbání bez dostatečného bočního odstupu (vůle) (502)“ na věkové skupině řidiče

2.3.9 Nedání přednosti v jízdě při odbočování vlevo (405)



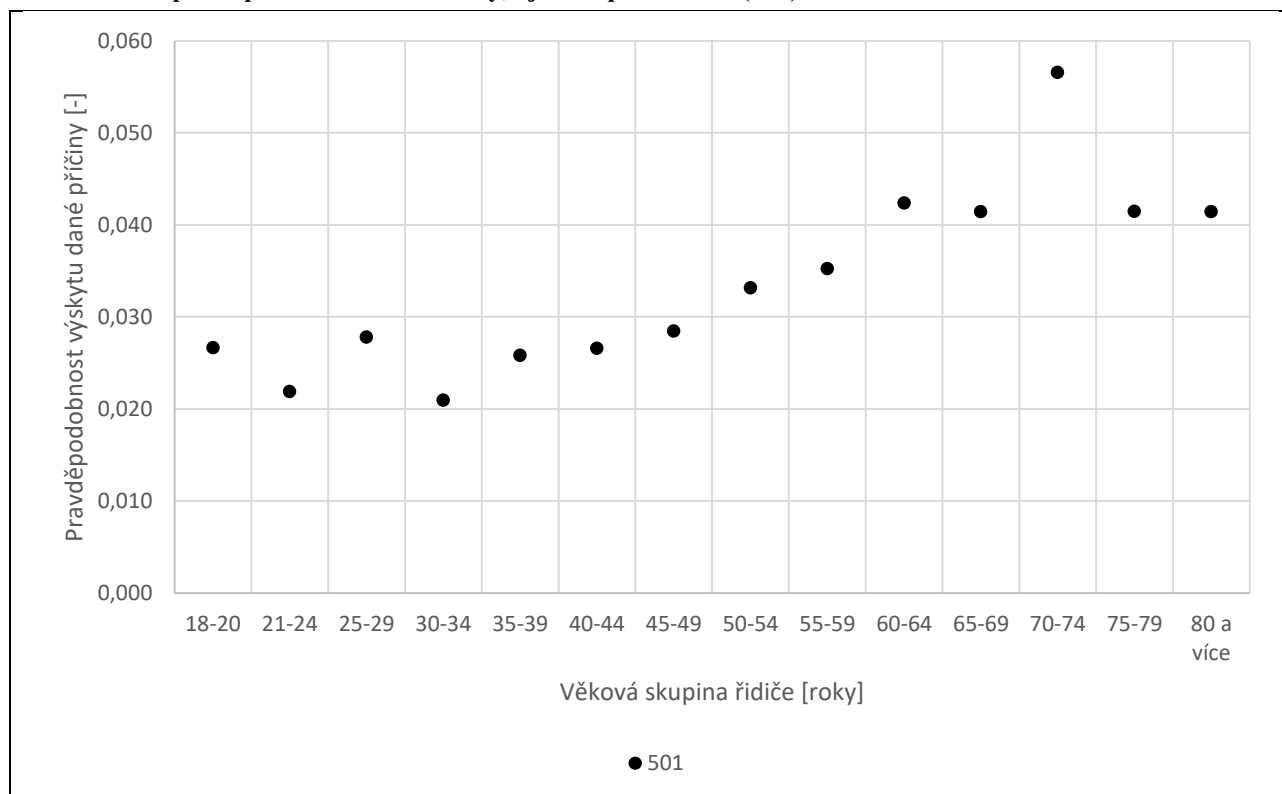
Graf 15 Závislost příčiny „nedání přednosti v jízdě při odbočování vlevo (405)“ na věkové skupině řidiče

2.3.10 Jiný druh nesprávného způsobu jízdy (516)



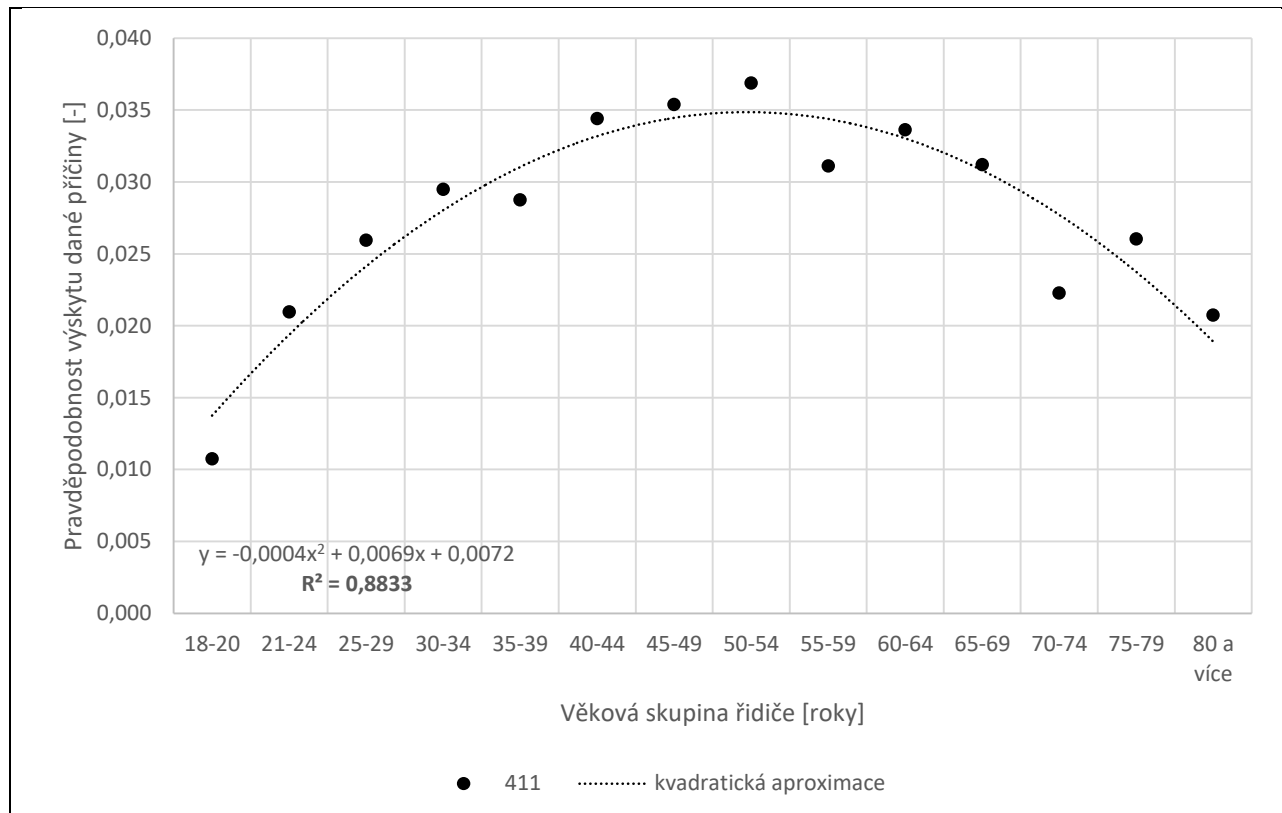
Graf 16 Závislost příčiny „jiný druh nesprávného způsobu jízdy (516)“ na věkové skupině řidiče

2.3.11 Jízda po nesprávné straně vozovky, vjetí do protisměru (501)



Graf 17 Závislost příčiny „jízda po nesprávné straně vozovky, vjetí do protisměru (501)“ na věkové skupině řidiče

2.3.12 Nedání přednosti v jízdě při přeježdění z jednoho jízdního pruhu do druhého (411)



Graf 18 Závislost příčiny „nedání přednosti v jízdě při přeježdění z jednoho jízdního pruhu do druhého (411)“ na věkové skupině řidiče

2.4 Kategorizace příčin dopravních nehod podle jejich závislosti na věku řidiče

U devíti z celkem dvanácti analyzovaných příčin dopravních nehod bylo možné najít takovou aproximaci, jejíž míra regresního modelu vyjádřena koeficientem determinace R^2 byla vyšší než 0,8. U pěti příčin byla dokonce hodnota $R^2 > 0,9$, což značí velmi vysokou míru korelace aproximačního modelu, tj. malý rozdíl mezi odhadem a skutečnými hodnotami y (pravděpodobností výskytu dané příčiny v dané věkové skupině řidičů). U tří příčin nebyla funkční závislost spolehlivě prokázána. Na základě provedené analýzy bylo možné zkoumané dominantní příčiny kategorizovat podle typu jejich funkční závislosti na věku řidiče, jak uvádí **Tab. 5**.

Tab. 5 Kategorizace příčin dopravních nehod podle závislosti na věkové skupině řidičů

Závislost			R^2	Významnost	Příčina
Souvislost s věkem	Lineární	Rostoucí	0,844	1	Řidič se plně nevěnoval řízení (508)
			0,932	3	Nesprávné otáčení nebo couvání (504)
			0,951	5	Nedání přednosti v jízdě proti příkazu značky „stůj, dej přednost v jízdě“ a „dej přednost v jízdě“ (402+403)
			0,847	8	Vyhýbání bez dostatečného bočního odstupu (vůle) (502)
	Nelineární	Kvadratická	0,947	4	Nepřízpůsobení rychlosti stavu vozovky (náledí, výtluky, bláto, mokrá povrch apod.) (204)
			0,907	2	Nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem (503)
		Mocninná	0,883	12	Nedání přednosti v jízdě při přejíždění z jednoho jízdního pruhu do druhého (411)
			0,964	6	Nepřízpůsobení rychlosti dopravně technickému stavu vozovky (zatačka, klesání, stoupání, šířka vozovky apod.) (205)
		Jiná	0,873	10	Jiný druh nesprávného způsobu jízdy (516)
				11	Jízda po nesprávné straně vozovky, vjetí do protisměru (501)
Nesouvislost s věkem				7	Nezvládnutí řízení vozidla (511)
				9	Nedání přednosti v jízdě při odbočování vlevo (405)

3. ZÁVĚR

Pomocí jednoduchých matematicko-statistických metod byly analyzovány četnosti jednotlivých příčin dopravních nehod zaviněných řidiči osobních vozidel. Analýza vycházela ze statistických údajů Ředitelství služby dopravní policie Policejního prezidia České republiky o nehodovosti na pozemních komunikacích za rok 2019. Ze souboru padesáti vyhodnocovaných příčin bylo vybráno třináct, které měly podíl na více než 80 % všech evidovaných dopravních nehod. Ve čtrnácti věkových kategoriích, do kterých byli rozděleni všichni řidiči nad 18 let, byly analyzovány četnosti vybraných dominantních příčin. Pomocí vhodné aproximace byly stanoveny funkční závislosti výskytu těchto příčin v závislosti na věkové skupině řidiče. S pomocí míry kvality regresního modelu vyjádřeného koeficientem determinace R^2 byla spolehlivě prokázána funkční závislost u devíti z nich. Nalezení a kategorizace závislostí pravděpodobností výskytu jednotlivých příčin u různých věkových skupin je novým příspěvkem k poznání této problematiky, protože ostatní publikované práce (které jsou autorovi známy) se zabývají buď jen nejčastějšími příčinami dopravních nehod u konkrétní vybrané věkové skupiny řidičů (např. u mladých řidičů nebo naopak řidičů seniorů), popř. uvádějí přehled četnosti příčin v jednotlivých věkových kategoriích (zejména statistiky v Německu), ale nesnaží se systematicky hledat v těchto četnostech funkční závislosti popsatelné matematickým modelem. Pochopení a matematický popis zjištěných závislostí slouží k další analýze rizikových faktorů ovlivňujících tendenci k nehodovosti zejména u starších řidičů, kterými se autor ve své disertační práci zabývá.

4. PŘÍLOHY

4.1 Klasifikace hlavních příčin dopravních nehod (pouze zaviněných řidičem)

Tab. 6 Jednotlivé typy hlavních příčin dopravních nehod dle klasifikace PČR:

200	NEPŘIMĚŘENÁ RYCHLOST JÍZDY
201	nepřízpůsobení rychlosti intenzitě (hustotě) provozu
202	nepřízpůsobení rychlosti viditelnosti (mlha, soumrak, jízda v noci na tlumená světla apod.)
203	nepřízpůsobení rychlosti vlastnostem vozidla a nákladu
204	nepřízpůsobení rychlosti stavu vozovky (náledí, výtluky, bláto, mokrá povrch apod.)
205	nepřízpůsobení rychlosti dopravně technickému stavu vozovky (zatačka, klesání, stoupání, šířka vozovky apod.)
206	překročení předepsané rychlosti stanovené pravidly
207	překročení rychlosti stanovené dopravní značkou
208	nepřízpůsobení rychlosti bočnímu, nárazovému větru (i při míjení, předjíždění vozidel)
209	jiný druh nepřiměřené rychlosti
300	NESPRÁVNÉ PŘEDJÍŽDĚNÍ
301	předjíždění vpravo
302	předjíždění bez dostatečného bočního odstupu
303	předjíždění bez dostatečného rozhledu (v nepřehledné zatačce nebo její blízkosti, před vrcholem stoupání apod.)
304	při předjíždění došlo k ohrožení protijedoucího řidiče vozidla (špatný odhad vzdálenosti potřebné k předjetí apod.)
305	při předjíždění došlo k ohrožení předjížděného řidiče vozidla (vynucované zařazení, předjížděný řidič musel prudce brzdit, měnit směr jízdy apod.)
306	předjíždění vlevo vozidla odbočujícího vlevo
307	předjíždění v místech, kde je to zakázáno dopravní značkou
308	při přejíždění byla přejetá podélná čára souvislá
309	bránění v předjíždění
310	přehlédnutí již předjíždějícího souběžně jedoucího vozidla
311	jiný druh nesprávného předjíždění
400	NEDÁNÍ PŘEDNOSTI V JÍZDĚ
401	jízda na "červenou" 3-barevného semaforu
402	proti příkazu dopravní značky STŮJ DEJ PŘEDNOST
403	proti příkazu dopravní značky DEJ PŘEDNOST
404	vozidlu přijíždějícímu zprava
405	při odbočování vlevo
406	tramvaji, která odbočuje
407	protijedoucímu vozidlu při objíždění překážky
408	při zařazování do proudu jedoucích vozidel ze stanice, místa zastavení nebo stání
409	při vjíždění na silnici
410	při otáčení nebo couvání

411	při přeježdění z jednoho jízdního pruhu do druhého
412	chodci na vyznačeném přechodu
413	při odbočování vlevo souběžně jedoucím vozidlu
414	jiné nedání přednosti
500	NESPRÁVNÝ ZPŮSOB JÍZDY
501	jízda po nesprávné straně vozovky, vjetí do protisměru
502	vyhýbání bez dostatečného bočního odstupu (vůle)
503	nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem
504	nesprávné otáčení nebo couvání
505	chyby při udání směru jízdy
506	bezohledná, agresivní, neohleduplná jízda
507	náhlé bezdůvodné snížení rychlosti jízdy, zabrzdění nebo zastavení
508	řidič se plně nevěnoval řízení vozidla
509	samovolné rozjetí nezajištěného vozidla
500	vjetí na nebezpečnou krajnici
511	nezvládnutí řízení vozidla
512	jízda (vjetí) jednosměrnou ulicí, silnicí (v protisměru)
513	nehoda v důsledku použití (policí) prostředků k násilnému zastavení vozidla (zastavovací pásy, zábrana, vozidlo atd.)
514	nehoda v důsledku použití služební zbraně (policí)
515	nehoda při provádění služebního zákroku (pronásledování pachatele atd.)
516	jiný druh nesprávného způsobu jízdy
600	TECHNICKÁ ZÁVADA VOZIDLA
601	závada řízení
602	závada provozní brzdy
603	neúčinná nebo nefungující parkovací brzda
604	opotřebení běhounu pláště pod stanovenou mez
605	defekt pneumatiky způsobený průrazem nebo náhlým únikem vzduchu
606	závada osvětlovací soustavy vozidla (neúčinná, chybějící, znečištěná apod.)
607	nepřipojená nebo poškozená spojovací hadice pro brzdění přípojného vozidla
608	nesprávné uložení nákladu
609	upadnutí, ztráta kola vozidla (i rezervního)
610	zablokování kol v důsledku mechanické závady vozidla (zadřený motor, převodovka, rozvodovka, spadlý řetěz apod.)
611	lom závěsu kola, pružiny
612	nezajištěná nebo poškozená bočnice (i u přívěsu)
613	závada závěsu pro přívěs
614	utržená spojovací hřídel
615	jiná technická závada (vztahuje se i na přípojná vozidla)

Literatura

- [1] VRÁNA, Aleš. Analýza počtu dopravních nehod a věkové struktury jejich původců. In: *Sborník příspěvků konference Junior Forensic Science 2020*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2020, s. 60-64. ISBN 978-80-214-5827-7.
- [2] VRÁNA, Aleš. *Analýza rizikových faktorů ovlivňujících tendenci k nehodovosti u řidičů seniorů*. Brno. 2019. 60 s. Pojednání k státní doktorské zkoušce na Ústavu soudního inženýrství Vysokého učení technického v Brně. Vedoucí práce doc. Ing.arch. PhDr. Karel Schmeidler, CSc.
- [3] ŘEDITELSTVÍ SLUŽBY DOPRAVNÍ POLICIE POLICEJNÍHO PREZIDIA ČESKÉ REPUBLIKY. *Ročenka nehodovosti na pozemních komunikacích za rok 2019*. Texty a grafy připravili: pplk. Mgr. Jan STRAKA a kpt. Ing. Jana PELEŠKOVÁ. Praha: Tiskárna Ministerstva vnitra ČR, příspěvková organizace, 2020.

Recenzoval

Michal Belák, Ing. Ph.D, Ústav soudního inženýrství, Purkyňova 464/118, Brno, 612 00, michal.belak@vut.cz

ZJIŠŤOVÁNÍ PEVNOSTI DŘEVA POMOCÍ KUČEROVY VRTAČKY

DETERMINING WOOD STRENGTH USING A KUČERA'S DRILL

Pavel Černý¹, Romana Halamová²

Abstrakt

Při posuzování dřevěných konstrukcí se při běžné praxi setkáváme s problémy, kdy není možné danou dřevěnou konstrukci testovat destruktivními metodami a je nutné využít metody semidestruktivní nebo nedestruktivní. Článek je zaměřen na metodiku nedestruktivního a semidestruktivního zkoušení dřevěných konstrukcí při využití Kučerovy vrtačky, která je v běžné praxi používána jako metoda pro diagnostiku zděných konstrukcí, u kterých se takto zkouší pevnost malty. Kučera vrtačka byla v rámci experimentu modifikována tak, aby mohla být využita pro dřevěné konstrukce. Po ověření funkčnosti vrtačky byla hlavní měřitelnou vlastností hloubka průniku vrtáku do zkoušeného dřevěného tělesa. Článek je zaměřen na prvotní výsledky měření a obzvláště problémy, které se mohou vyskytnout při měření u dřevěného tělesa.

Abstract

When assessing wooden structures, we encounter problems in common practice where it is not possible to test the wooden structure with destructive methods and it is necessary to use semi-destructive or non-destructive methods. The article focuses on the methodology of non-destructive and semi-destructive testing of wooden structures using the Kučera drill, which is used in common practice as a method for diagnosing masonry structures in which the strength of mortar is tested. Kučera's drill was modified and modified in the experiment so that it could be used for wooden structures. After verifying the functionality of the drill, the main measurable property was the depth of penetration of the drill into the tested wooden body. The article focuses on the initial results of the measurement and introduces the problems that may occur when measuring a wooden body.

Klíčová slova

Kučera vrtačka; dřevo; dřevěné zkušební těleso; hloubka vrtu; pevnost v tahu za ohybu; diagnostika dřeva.

Keywords

Kučera's drill; wood; wooden test specimen; borehole depth; flexural tensile strength; wood diagnostics.

1. ÚVOD

Dřevo je i v současné době stále velmi využívaným materiálem, ačkoli v současnosti je více využíván beton. Jedná se o nepostradatelnou součást stavebnictví. Historické stavby jsou ve velké míře tvořeny dřevěnými prvky, u kterých v některých případech nelze využít provedení destruktivního zkoušení a je nutné využít co nejšetrnějšího nedestruktivního nebo semidestruktivního testování. Dřevo historických budov často může vykazovat mnoho vad a poškození, mezi které patří například praskliny, suky, poškození vlivem hmyzu, plísní a hub. Z tohoto důvodu je diagnostika dřeva velmi důležitá. [1,2,3]

Dřevo je anizotropní materiál a má svoji specifickou strukturu. Anizotropie vyplývá z rozdílných velikostí buněk v průběhu růstového období (jarní a letní část letokruhů) a částečně z převládajícího směru určitých typů buněk. [3]. Dřevo je tvořeno z chemického komplexu celulózy, hemicelulózy, ligninu a extraktivních látek. Vzhledem k podlouhlému tvaru buněk dřeva a orientované stavbě stěn buněk se jeho vlastnosti v jednotlivých směrech velmi liší. [4,5] Je také materiálem hygroskopickým. Znamená to, že je schopné přijmout nebo odevzdat svou vlhkost v závislosti na okolním prostředí. Zároveň s vlhkostí se mění i fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva. Je obecně známo, že se zvyšující se vlhkostí klesá pevnost dřeva v tahu za ohybu i v tlaku.

Při hodnocení kvality dřeva potřeba zhodnotit všechny faktory, které jeho vlastnosti ovlivňují. V poslední době nabývá na důležitosti nedestruktivní a semidestruktivní zkoušení, kdy nedochází k poškození materiálu, nebo jen k částečnému. V diagnostice dřevěných konstrukcí je mnoho zkušebních metod, které se řadí do 3 skupin:

- nedestruktivní metody – vizuální posouzení, měření vlhkosti, ultrazvuková metoda, radiační metody;
- semidestruktivní metody – odporové zarážení trnu, odporové mikrovtání, vytahování vrtu, endoskopie;

¹ Pavel Černý, Ing., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví, Veveří 95/331, 166889@vutbr.cz

² Romana Halamová, Ing., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví, Veveří 95/331, Romana.Halamova@vutbr.cz

- destruktivní metody – zkoušení pevnosti v tlaku rovnoběžně s vlákny, zkouška pevnosti dřeva v ohybu. [3,6]

Článek se zabývá metodou, která vychází z modifikace Kučerovy vrtačky, která je standardně využívána pro diagnostiku zděných konstrukcí. Kučerova vrtačka musela být přebudována pro využití vrtáků na dřevo. Hlavním aspektem článku je porovnání hloubky vrtů Kučerovou vrtačkou v závislosti na pevnost dřevěného zkušební vzorku.

2. EXPERIMENT

Hlavním cílem experimentu bylo ověření navržené metody pro testování na dřevěných zkušebních vzorcích, které se lišily různými vlhkostmi. Pro zkoušení vlastností dřeva byla transformována metoda, která se v běžné praxi využívá pro diagnostiku zděných konstrukcí.

2.1 Princip zkušební metody

Pro stanovení pevnosti malty je ve zkušebnictví využívána Kučerova vrtačka, která byla sestavena v Praze technickým a zkušebním ústavem stavebním ve dvou provedeních – ruční vrtačka a elektrická vrtačka, která je zobrazena na obr. 1a a která byla použita při experimentálním ověření metodiky zkoušení dřevěných konstrukcí. Vrtačka je v přední části vybavena zařízením pro nastavení potřebného počtu otáček. Vrtačka má 4 stupně, kdy jeden stupeň v praxi znamená 25 otáček. Po nastaveném počtu otáček se vrtačka automaticky vypne. Důležitý je při vrtání konstantní přítlak, tj. konstatní tlak, kterým musí být přitlačena ke zkoušenému materiálu. Ten musí být stále stejný. Předepsaný přítlak je zajištěn pružinou v přední části vrtačky. Při diagnostice zděných konstrukcí je dán předepsaný postup zkoušení, ze kterého vychází i postup práce u jiných materiálů, na které by mohla být vrtačka přeměněna.

Pro zkoušení devěných konstrukcí bylo nutné vrtačku upravit. Vrtáky na zkoušení zděných konstrukcí mají speciální tvar pro uchycení do vrtačky, který musel být nějakou formou nahrazen, aby bylo možné upevnit klasický vrták pro vrtání do dřeva. Pro tyto účely byl vypracován projekt, na jehož základě byla sestavena redukce. Tato redukce se skládala z kovového kousku, který působí jako spodní část původního vrtáku osazená závitem. Celý ocelový kousek byl dotažen maticí, stejně jako tomu je u standardní verze pro zděné konstrukce. Na kovovou část se závitem bylo osazeno sklíčidlo, do kterého byl uchycen vrták pro dřevo. Systém pro uchycení vrtáku je zobrazen na obr. 1b



Obr. 1a Elektrická Kučerova vrtačka



Obr. 1b Matice utážená na Kučerově vrtačce

2.2 Zkušební tělesa

Pro účely experimentu bylo zvažováno použití různých druhů dřeva, ze kterých vyšlo jako nevhodnější smrkové dřevo. Dřevo bylo vybíráno tak, aby neobsahovalo suky a další vady, která by mohly ovlivnit výsledné hodnoty. Pro pilotní měření bylo použito 6 zkušebních těles. Zkušební tělesa byla nařezána z latí o průřezu 50×50 mm a délky 2000 mm. Délka zkušebních těles vycházela z normových předpisů pro zkoušení pevnosti v tlaku a pevnosti v tahu za ohybu. Pro stanovení pevnosti v tlaku byly rozměry získaných těles $50 \times 50 \times 300$ mm a pro stanovení pevnosti v tahu za ohybu $50 \times 50 \times 950$ mm. Zbývající části byly využity na stanovení hloubky vrtů pomocí Kučerovy vrtačky. Zkušební tělesa byla nejprve vysušena v sušárně při $105 \text{ }^\circ\text{C}$ až do ustálení jejich hmotnosti. Poté byla tělesa namočena a ponechána ve vodní lázni. Z těchto 6 zkušebních těles byly vytvořeny 3 skupiny po dvou tělesech. První byla aklimatizována na relativní vlhkost 20%, druhá na 30% a třetí skupina na 40%. Při této relativní vlhkosti byly zkoušky prováděny.

2.3 Stanovení hloubky vrtu, tlakové a tahové zkoušky

Při provádění vývrtů byla vrtačka nastavena na první stupeň, tedy 25 otáček. Použito bylo několik druhů vrtáků. Spirálové o průměru 5, 6 a 7 mm a jeden plochý o průměru 8 mm. Účelem použití těchto vrtáků bylo vybrat nevhodnější pro tuto metodu. Na zkušebním tělese bylo provedeno vždy 10 vrtů jedním vrtákem. Provedení vrtů je

znázorněné na obr. 2a. Hloubka vrtu byla měřena posuvným měřítkem, kdy měření měřítkem je zaznamenáno na obr. 2b. Naměřené hodnoty byly zprůměrovány.



Obr. 2a Provedení vrtu do zkušební tělesa



Obr. 2b Měření hloubky vrtu posuvným měřítkem

Na zkušebních tělesech o rozměru $50 \times 50 \times 300$ mm byla zjištěna pevnost v tlaku ve směru vláken normovým postupem dle ČSN EN 408+A1[7]. Zkušební těleso bylo zatěžováno ve zkušebním lisu konstantní silou do jeho porušení. Na základě naměřených hodnot byla vypočtena pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny dle normového výpočetního vztahu (1)

$$f_{c,0} = \frac{F_{\max}}{ab} \quad (1)$$

kde $f_{c,0}$ je pevnost dřeva v tlaku rovnoběžně s vlákny v N/mm^2 , F_{\max} je síla při porušení zkušební vzorku v N a a a b jsou rozměry průřezu zkušební vzorku v mm. Zkouška je zobrazena na obr. 3a.

V rámci stanovení ohybové pevnosti byly využity zkušební tělesa o rozměrech $42 \times 42 \times 798$ mm. Zkušební tělesa byla podrobena čtyřbodovému ohybu na základě normového postupu dle ČSN EN 408+A1[7]. Vzorky dřeva byly zatěžovány konstantní rychlostí do dosažení meze únosnosti. Výsledná pevnost v tahu za ohybu byla vypočtena pomocí normového vztahu

$$f_m = \frac{18F_{\max}}{bh} \quad (2)$$

kde f_m je pevnost v ohybu v N/mm^2 , F_{\max} je síla při porušení vzorku v N, b je šířka průřezu v mm a h je výška průřezu v mm. Zkouška je zobrazena na obr. 3b.



Obr. 3a Zkouška pevnosti v tlaku rovnoběžně s vlákny



Obr. 3b Zkouška pevnosti v ohybu

2.4 Výsledky a diskuse

Naměřené hodnoty pevnosti v tlaku, pevnosti v tahu za ohybu a hloubky vrtů jednotlivých vrtáků pro vzorky s 20%, 30% a 40% vlhkostí byly zaznamenány v tab. 1:

Tab. 1 Naměřené hodnoty zkoušených vzorků

Zkušební vzorek s danou vlhkostí [%]	Pevnost v tlaku [MPa]	Pevnost v tahu za ohybu [MPa]	Vrták spirálový ø 5 mm	Vrták spirálový ø 6 mm	Vrták spirálový ø 7 mm	Vrták plochý ø 8 mm
T1 20 %	20,2	29,3	37,08	34,07	25,49	21,08
T2 20 %	24,3	34,0	36,93	33,94	26,27	18,25
T3 30 %	20,2	29,3	39,77	33,32	28,85	14,79
T4 30 %	25,6	36,8	35,55	30,51	21,32	13,78
T5 40 %	15,4	41,2	47,14	41,15	33,73	19,04
T6 40 %	16,0	45,5	41,39	31,25	28,14	14,85

Z tabulky je zřejmé, že průměrné hloubky vrtů se snižují s přibývajícím průměrem vrtáku. Dřevěný zkušební vzorek tedy odolává lépe průniku vrtáků s větším průměrem, avšak dochází k většímu poškození vzorku. Samotné vrty jsou ovlivněny strukturou dřeva, která povrchově nemusí být odhalena a týká se to především suků ve dřevě. Dále nám naměřené hodnoty ukázaly, že se zvyšující se vlhkostí klesá pevnost v tlaku, což je z dřívějších studií již známo. To by mělo platit i u stanovení pevnosti v tahu za ohybu, avšak tam nám hodnoty u některých vzorků mírně kolísaly. Zhodnocení dosažených výsledků je více popsáno v závěru tohoto článku.

2.5 Závěr

V rámci experimentálního výzkumu je hlavním cílem nalezení kalibračního vztahu mezi hloubkou vrtů a stanovením pevností, které se jinak chovají u měnících se vlhkostí. V dosavadním vývoji výzkumu byla pevnost v tlaku prováděna rovnoběžně s vlákny, ale v další fázi bude provedena pevnost v tlaku napříč vláken. Tento způsob stanovení by mohl podat konstantnější hodnoty, ze kterých by mohlo dojít k příjemnějšímu a přesnějšímu nalezení kalibračního vztahu, který je potřebný pro případné uvedení Kučerovy vrtačky jako diagnostické metody pro dřevěné konstrukce. Kolísající hodnoty mohly být ovlivněny způsobem nasycení zkušebních těles. V další fázi výzkumu bude zcela jistě využita klimatizační komora pro nasycení zkušebních těles, která by měla zkušební tělesa lépe nasytit. Z prvních poznatků o této zkušební metodě lze usoudit, že má potenciál, pokud dojde k nalezení kvalitního a přesného kalibračního vztahu.

Poděkování

Výsledky uvedené v článku byly získány v rámci řešení projektu.č. FAST-J-20-6308: Návrh a testování nové semi-destruktivní diagnostické metody pro stanovení pevnosti dřeva

Literatura

- [1] KLOIBER, Michal., DRDÁČKÝ, Miloš., *Šetrné diagnostické metody pro hodnocení bezpečnosti dřevěných konstrukcí*. **TZB Info**, 2017, <https://stavba.tzb-info.cz/drevne-konstrukce/16416-setrne-diagnosticke-metody-pro-hodnoceni-bezpecnosti-drevenych-konstrukci>.
- [2] Niemz, P., Mannes, D. *Non-destructive testing of wood and wood-based materials*. J. of Cultural Heritage. Italy: ScienceDirect. 2012, ISSN 1296-2074
- [3] BARTŮŇKOVÁ, Eliška. *Non-destructive tests of timber: Nedestruktivní testování dřeva*. Brno, Vysoké učení technické v Brně. 2012. Studentská vědecká a odborná činnost. Vedoucí práce Ing. Anna Kuklíková, Ph.D., doc. Ing. Petr Kuklík, CSc.
- [4] HEŘMÁNKOVÁ, Věra, Ondřej ANTON a Tereza KOMÁRKOVÁ. *Závislost fyzikálních a mechanických vlastností konstrukčního smrkového dřeva na vlhkosti*. Brno, TZB Info. 2018. ISSN 1801- 4399.
- [5] Heřmánková, V., Anton, O., *Ověření vlivu vlhkosti dřeva na jeho fyzikální a mechanické vlastnosti pro účely konstrukčního využití neošetřeného smrkového řeziva*. CONSTRUMAT 2016 – Conference on Structural Materials. 2016, 492 p. ISBN 978-80-01-05958-6.
- [6] ČERNÝ, Pavel a Věra HEŘMÁNKOVÁ. *Diagnostika dřevěných konstrukcí a její metody pro hodnocení dřevěných prvků*. Sborník recenzovaných příspěvků konference ZKOUŠENÍ A JAKOST VE STAVEBNICTVÍ 2019. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2019, s. 38-51. ISBN 978-80-214-5750-8.
- [7] ČSN EN 408+A1: *Dřevěné konstrukce - Konstrukční dřevo a lepené lamelové dřevo - Stanovení některých fyzikálních a mechanických vlastností*. Praha: Český normalizační institut, 2013. 32 s.

Recenzoval

Leonard Hobst, Prof., Ing., CSc. ÚSI VUT v Brně, odborný pracovník, Purkyňova 464/118, Brno, tel.: 541 148 936, leonard.hobst@usi.vutbr.cz

POJEDNÁNÍ KE STANOVENÍ OBVYKLÉHO NÁJEMNÉHO Z POZEMKU V ZEMĚDĚLSKÉM AREÁLU

TREATISE ON DETERMINATION OF ORDINARY RENT PRICE IN LAND LOCATED IN AGRICULTURAL AREA

Monika Doležalová¹

Abstract

This paper informs about the specific issue of the determination of common rent price of lands located in an agricultural area. Specifically about lands which fall under construction of another owner and also lands which form open space between objects. In Czech Republic there are agricultural buildings situated at original agricultural lands which still have different owners. These agricultural areas are according to regional planning predominantly intended for agricultural production or for storage and there is not a possibility of another commercial use such as production, trade or services. Determination of the usual price or rent of land under a building of another owner is complicated because on the free market these lands are almost not being sold. The content of this paper simply clarifies situations. The aim is to state chosen methods. The processed information was traced from the private practice of expert witnesses and USI VUT.

Annotation

Článek informuje o specifické problematice stanovení obvyklého (tržního) nájemného z pozemků v zemědělském areálu. Jedná se o pozemky, které jsou jednak pod stavbou jiného vlastníka, dále pak o pozemky, které tvoří volné plochy mezi objekty. V České republice jsou v původních zemědělských areálech umístěny zemědělské stavby, které stále mají odlišného vlastníka než je vlastník pozemků. Tyto zemědělské areály jsou podle územních plánů převážně určeny k zemědělské výrobě, případně ke skladování, a není zde tak možné jejich jiné komerční využití (výroba, obchod nebo služby). Určit obvyklou cenu pozemku pod stavbou jiného vlastníka anebo nájemného z takového pozemku je pak složité a komplikované, protože s takovými pozemky se na volném trhu téměř neobchoduje. Obsahem článku je zjednodušené objasnění situace, cílem je pak uvést zvolené metody. Zpracované informace jsou vysledovány ze soukromé znalecké praxe a ze znalecké praxe na USI VUT.

Keywords

Land, building plot; market value; valuation; rent.

1. ÚVOD

U zemědělských areálů se stavební pozemky, které jsou předmětem ocenění, jedná o zastavěné pozemky a o nezastavěné pozemky situované mezi objekty. V případě pozemků pod stavbou jsou tyto pozemky evidovány v katastru nemovitostí jako zastavěná plocha a nádvoří, u nezastavěných pozemků se většinou jedná o ostatní plochu se způsobem využití manipulační plocha, případně jiná plocha nebo ostatní komunikace. Specifickým případem je pozemek zastavěný stavbou, která je ve vlastnictví cizího vlastníka. Článek se zabývá postupem při stanovením obvyklého (tržního) nájemného.

2. OBECNÉ POJEDNÁNÍ K OBVYKLÉMU NÁJEMNÉMU Z POZEMKŮ

Pro stanovení obvyklého nájemného platí obdobné zákonitosti jako pro obvyklou cenu nemovitosti. Ocenění nájmu nemovitostí je tedy provedeno cenovým porovnáním na základě jednotkové srovnávací ceny. V první řadě je třeba usilovat o zajištění odpovídající databáze pro využití cenového porovnání [1].

Definici obvyklého nájemného je charakterově blízká alternativa tržního nájemného uvedena v Mezinárodních oceňovacích standardech (IVS): „Tržní nájemné je odhadovaná částka, za kterou by měl být podíl na nemovitém majetku pronajat k datu ocenění mezi ochotným pronajímatelem a ochotným nájemcem za patřičných podmínek nájmu v transakci uskutečněné v souladu s principem tržního odstupu, po řádném marketingu, kdy každá ze stran jednala informovaně, uvážlivě a nikoli v tísní“ [2].

Obvyklé nájemné z nemovitostí se v zemích s rozvinutou a fungující tržní ekonomikou tvoří na tržních principech, tedy je určováno nabídkou a poptávkou na trhu s nemovitostmi, což platí i pro výši nájemného. Vychází se

¹ Monika Doležalová, Ing., Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Purkyňova 464/118, monika.dolezalova@usi.vutbr.cz.

zde však z obvyklé ceny nemovitosti jako celku, tj. z ceny stavebního pozemku s připočtením ceny stavby na něm postavené (soubor stavba + pozemek), neboť takto se s nemovitostmi obchoduje. Existence stavby na pozemku jiného vlastníka je obvykle nepřijatelná [1].

Pokud se týká výše obvyklého nájemného ze zastavěných pozemků v České republice, pak zde je na rozdíl od okolních zemí, zejména pak od zemí s rozvinutou tržní ekonomikou, situace specifická tím, že pozemek a stavba na něm postavená mohly mít, a zpravidla dosud také často mají, různého vlastníka. To samozřejmě podstatně ztěžuje stanovení výše nájemného ze zastavěných či jinak užívaných pozemků. Toto české specifikum se snaží napravit nový občanský zákoník, který nabyl účinnosti dne 1. ledna 2014 a usiluje o sjednocení vlastnických práv vlastníka pozemku a stavby.

Úloha určit obvyklou cenu pozemku pod stavbou jiného vlastníka anebo nájemného z takového pozemku je pak (nejen z tohoto důvodu) velmi složitá a komplikovaná, neboť se samotnými pozemky, jež jsou zastavěny budovami, se obchoduje jen výjimečně. Jak již bylo napsáno výše, jedná se o specifickou situaci na realitním trhu; běžně se obchoduje s pozemky volnými (nezastavěnými).

Dále je zřejmé, že skutečná tržní cena pozemku pod stavbou či výše nájmu z tohoto pozemku se z povahy věci vytvoří až sjednáním či dohodou mezi ochotným a obeznameným prodávajícím a kupujícím při vlastním prodeji či koupi, takže až do té chvíle není její výše známa. Proto se dopředu ani nedá přesně vypočítat, ale pouze více či méně přesně odhadnout. Obvyklou cenu pozemku či nájemného z něho chápeme z pohledu ocenění jako pravděpodobnou peněžní částku, za níž by daný majetek či služba v daném okamžiku změnily vlastníka anebo příjemce.

Z výše uvedeného vyplývá, že pokud je znalec (odhadce) stanovuje dopředu, před aktem prodeje či koupě, jedná se vždy nikoliv o přesné číslo, nýbrž jen o odhad poplatný situaci na trhu v době a místě odhadu.

2.1 Obvyklá cena pozemků

Pro stanovení obvyklé ceny pozemků není v současnosti žádná jednotná ani oficiální metodika nebo postup a ani konkrétní oceňovací předpis.

V občanském zákoníku č. 89/2012 Sb. je uvedeno v § 492 odst. 1: „*Hodnota věci, lze-li ji vyjádřit v penězích, je její cena. Cena věci se určí jako cena obvyklá, ledaže je něco jiného ujednáno nebo stanoveno zákonem*“.

V zákoně č. 151/1997 Sb., o oceňování majetku, ve znění účinném do 31. prosince 2013, je v § 2 odst. 1 definována obvyklá cena. Ve znění účinném od 1. ledna 2014 byla definice rozšířena o větu: „*Obvyklá cena vyjadřuje hodnotu věci a určí se porovnáním*“. Následně pak ve znění účinném od 1. ledna 2021 je poslední věta této definice změněna takto: „*Obvyklá cena vyjadřuje hodnotu majetku nebo služby, a určí se porovnáním ze sjednaných cen*“.

Dále je nově v zákoně mimo jiné uvedeno, že v odůvodněných případech, kdy nelze obvyklou cenu určit, oceňuje se majetek a služba tržní hodnotou, která je definována takto: „*Tržní hodnotou se pro účely tohoto zákona rozumí odhadovaná částka, za kterou by měly být majetek nebo služba směněny ke dni ocenění mezi ochotným kupujícím a ochotným prodávajícím, a to v obchodním styku uskutečněném v souladu s principem tržního odstupu, po náležitém marketingu, kdy každá ze stran jednala informovaně, uvážlivě a nikoliv tísní. Principem tržního odstupu se pro účely tohoto zákona rozumí, že účastníci směny jsou osobami, které mezi sebou nemají žádný zvláštní vzájemný vztah a jednají vzájemně nezávisle*“.

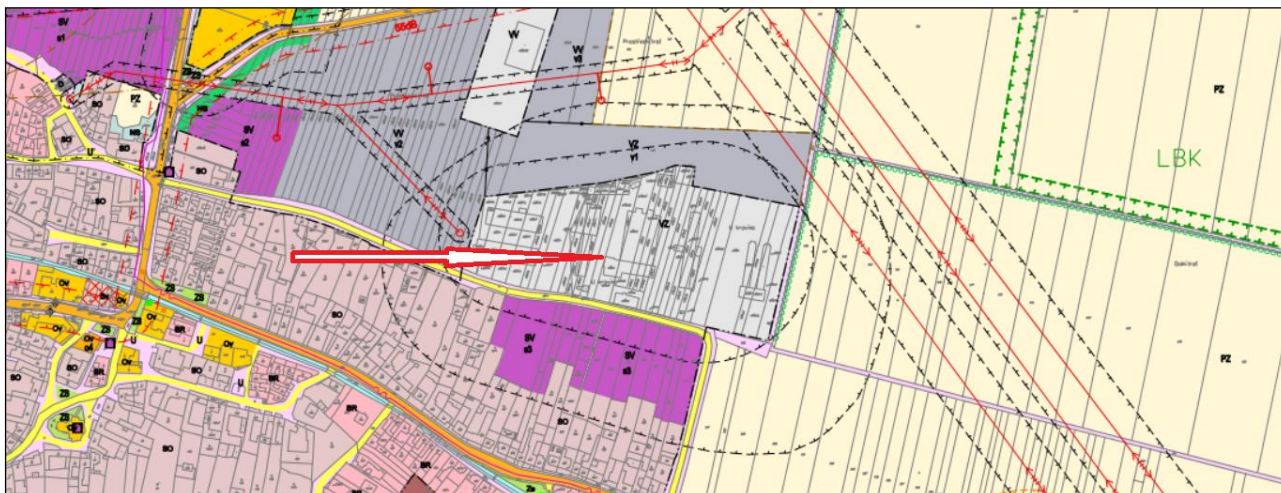
Z těchto důvodů znalci nebo odhadci v konkrétních případech postupují individuálně podle svých znalostí, zkušeností a svědomí. Zásadně tak jde o odhad ceny obvyklé, respektive tržní hodnoty, v daném místě a čase. Optimálním způsobem jejího určení je cenové porovnání (komparace), při kterém se vychází ze známých tržních cen obdobných pozemků v dané, případně srovnatelné lokalitě. Při průzkumu trhu je potřebné se především zaměřit na pozemky, které se nacházejí podle územního plánu v obdobných funkčních plochách (viz dále).

2.1.1 Zemědělské areály v územních plánech

Zemědělské areály jsou z pohledu územních plánů umísťovány ve specifických funkčních plochách, které jsou primárně zaměřeny na zemědělskou výrobu a na skladování zemědělských produktů. Autorka práce prostudovala vybrané územní plány napříč celou ČR. Lze konstatovat, že předepsané hlavní využití funkčních ploch pro zemědělskou výrobu bylo téměř totožné ve všech obcích v ČR. Určité odlišnosti se u těchto ploch vyskytovaly při definování jejich dalšího možného, respektive přípustného využití (tyto názvy se u jednotlivých územních plánů rovněž liší).

Na následujících obrázcích jsou příklady dvou územních plánů ze dvou různých lokalit.

Výřez z grafické části Územního plánu obce Střelice, Jihomoravská kraj, byl vydán v roce 2009 (změna ÚP v roce 2014), je zobrazen na obrázku č. 1.



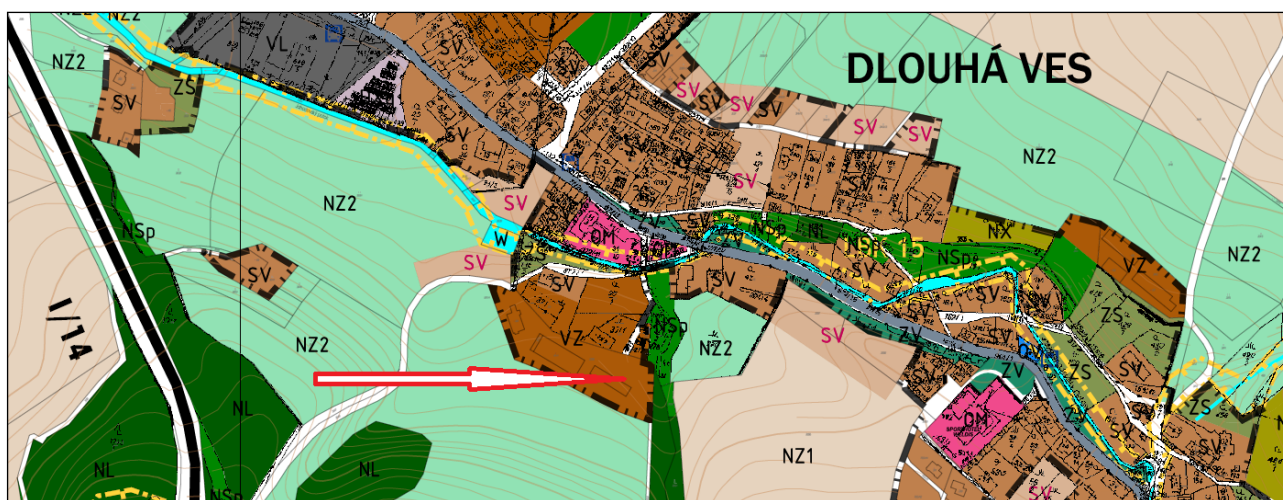
Obr. č. 1: Výřez z grafické části ÚP obce Střelice – příklad pozemků v k.ú. Střelice u Brna zařazeného ve funkční ploše VZ – plochy výroby zemědělské

(zdroj: https://www.streliceubrna.cz/assets/File.ashx?id_org=15743&id_dokumenty=2495)

„Přípustné funkční využití“: výrobní zařízení, skladovací prostory, zpracovatelské provozy zemědělských podniků, sociální zařízení a šatny pro zaměstnance, stavby technické vybavenosti, stavby pro civilní obranu, komunikace a parkovací plochy pro potřebu daného území, plochy zeleně izolační i okrasné.

„Podmínečně přípustné funkční využití“: čerpací stanice pohonných hmot, maloobchodní prodejny prodávající produkty zde vyráběné, administrativní budovy, zařízení pro občerstvení a stravování zaměstnanců.

Dále je uveden výřez z Územního plánu města Rychnova nad Kněžnou, Královéhradecký kraj, který byl vydán v roce 2015 (změny ÚP v roce 2017 a 2020).



Obr. č. 2: Výřez z grafické části ÚP města Rychnov nad Kněžnou – příklad pozemků v k.ú. Dlouhá Ves u Rychnova nad Kněžnou zařazeného ve funkční ploše VZ – plochy výroby zemědělské

(zdroj: <https://www.rychnov-city.cz/uzemni-plan-mesta-rychnov-nad-kneznou/ds-1314>)

„Hlavní využití“: pozemky staveb a zařízení pro zemědělskou výrobu, plochy pro zemědělskou a rostlinnou výrobu, pro malohospodaření, zemědělské služby, přídruženou nezemědělskou výrobu, zahradnictví, lesní hospodářství a zpracování dřevní hmoty vč. komerční vybavenosti související s funkčním využitím plochy.

„Přípustné využití“: stavby a zařízení k údržbě a ochraně areálů, stavby a zařízení pro dopravu v klidu přímo související s danou funkcí, služební byty a doplňkové občanské vybavení pro pracovníky vykonávající činnost související s využitím plochy.

2.2 Obecně k zjištěné ceně

Cena zjištěná nemovitostí se určí podle cenových předpisů účinných k datu ocenění. Výsledek tohoto ocenění je nazván jako zjištěná cena (v praxi je běžně označována také jako cena administrativní či cena vyhlásková). V tomto případě se tedy určuje zjištěná cena stavebních pozemků.

3. STANOVENÍ NÁJEMNÉHO Z POZEMKŮ – TŘI MOŽNÉ POSTUPY

Dle výše uvedeného pojednání je možno nájemné z pozemků určit třemi postupy:

- odhad výše nájemného porovnáním s nájemným obdobných pozemků,
- odhad výše nájemného pomocí procentuální sazby z ceny pozemku stanovené přímým porovnáním s realizovanými a nabídkovými cenami pozemků,
- stanovení výše nájemného pomocí procentuální sazby z ceny pozemku zjištěné dle cenového předpisu (oceňovací vyhlášky).

3.1 Odhad výše nájemného – tvorba použitých databází

Pro odhad obvyklé ceny (tržní hodnoty) je důležitým podkladem kvalitně zpracovaná databáze. Pro přesnější určení obvyklé ceny je žádoucí, aby do porovnání byly zahrnuty přednostně ceny z realizovaných prodejů. K vytvoření této databáze slouží databáze znalce (odhadce), informace z webového portálu ČÚZK – Nahlížení do katastru nemovitostí (<http://www.cuzk.cz>), z Registru smluv (<https://smlouvy.gov.cz>) a realitní inzerce z realitních serverů nebo novin.

3.2 Stanovení výše nájemného procentuální sazbou z obvyklé ceny pozemku

Jednou z cest stanovení obvyklého nájemného je jeho náhradní určení, tedy s přihlédnutím k hodnotě pronajaté věci a způsobu jejího užívání. V tomto případě se bude jednat o odvození výše nájemného z obvyklé ceny pozemku pomocí míry kapitalizace [3]. Obvyklým nájemným se rozumí nájemné, které bylo skutečně dosaženo na reálném trhu s nemovitostmi, nelze zde uvažovat zisk nájemce, který plyne z provozování objektu, který je na cizích pozemcích vystavěn nebo jiný zisk plynoucí z podnikání na tomto pozemku.

Vychází se z principu, že výše nájemného z pozemku se odvíjí od ceny tohoto pozemku tak, aby nájemné alespoň přibližně kopírovalo výnos, který by vlastníkovu pozemku plynul, pokud by pozemek prodal a strženou peněžní částku investoval na úrok. Pro stanovení výše výnosu z takto uložených peněz (na dlouhodobý vklad) je nutno získat ucelenou řadu úrokových sazeb pro řešené období. Přístupné jsou řady diskontních sazeb ČNB a úrokové sazby státních dluhopisů.

3.3 Stanovení výše nájemného ze zjištěné ceny pozemků

Stanovení výše nájemného pomocí procentuální sazby z ceny pozemku zjištěné dle cenového předpisu (oceňovací vyhlášky) a míry kapitalizace z oceňovací vyhlášky, za použití přílohy č. 22, položky č. 16 „*ostatní nemovité věci neuvedené*“ ve výši 8 %.

4. SPECIFIKA POZEMKŮ V ZEMĚDĚLSKÝCH AREÁLECH

Zajímavým pohledem na problematiku je pronajímání pozemků v zemědělských areálech v minulosti. Nezastavěné pozemky a pozemky pod stavbami v zemědělských areálech, které byly ve vlastnictví státu, pronajímá Pozemkový fond ČR (dnes již Státní pozemkový úřad) jako jejich správce. Pozemkový fond při uzavírání smluv postupoval dle jednotných metodických pokynů pro různá období na celém území naší republiky. Např. v metodických pokynech z roku 2000 a roku 2004 byly pozemky v zemědělských areálech rozděleny na pozemky pro zemědělskou výrobu a pro výrobu nezemědělskou, která se dále dělila na pozemky určené k podnikání a na ostatní – pro rekreační účely, přístupové komunikace apod.

V těchto metodických pokynech je shodně uvedeno, že výše ročního nájemného u pozemků v kultuře stavební a ostatní plochy pronajaté pro zemědělské účely se stanovuje ve výši nájemného v místě obvyklého, minimálně však za zastavěné plochy ve výši 1,00 Kč/m² a za ostatní plochy ve výši 0,50 Kč/m² (zdroj: znalecká praxe ÚSI VUT).

Autorka článku prohledala veřejně dostupný Registr smluv, ve kterém zjistila, že v souladu s výše uvedeným byly stavební pozemky u řady smluv pronajímány převážně za 1,00 Kč/m² a to přibližně do roku 2012. V těchto nájemních smlouvách jsou ceny uváděny v Kč/ha, tedy 1 000 Kč/ha. Pravidelné zvyšování nájemného – tzv. inflační doložka nebyla v těchto smlouvách zahrnuta. Následně pak od roku cca 2013 (případ od případu), byla cena nájemného „skokově zvýšena“ a to na 2 000 Kč/ha, což představuje navýšení o 100 %. Tyto pozdější smlouvy (respektive dodatky ke smlouvám) již obsahovaly ustanovení, že nájemné může být navýšováno. V některých dohledaných smlouvách pak byly nezastavěné pozemky pronajímány za nižší částky než pozemky zastavěné, což v případě zemědělských areálů, kdy se jedná o pozemky v jednotném funkčním celku, dle názoru autorky článku, není korektní. Nezastavěné, tedy

volné pozemky mezi objekty zemědělských staveb, lze využívat pro další účely např. pro skladování apod. (Funkčním celkem se rozumějí pozemky v druhu pozemku zahrady nebo ostatní plochy, které souvisle navazují na pozemek evidovaný v katastru nemovitostí v druhu pozemku zastavěná plocha a nádvoří se stavbou, se společným účelem jejich využití).

5. STANOVENÍ NÁJEMNÉHO Z POZEMKŮ

Stanovení nájemného z pozemků v zemědělském areálu v případě přímého porovnání srovnatelného nájemného směřuje k tomu, že dohledatelné nájemné v různých lokalitách se pohybují v „ustálených“ částkách, od kterých se v zásadě nelze odchýlit.

Určit tržní nájemné je pak možné právě za použití náhradního postupu, kdy se v prvním kroku provede odhad ceny pozemku stanovený přímým porovnáním s realizovanými (nabídkovými) cenami pozemků a ve druhém kroku se stanoví procentuální sazba (míra kapitalizace).

Vychází se tak z principu, že výše nájemného z pozemku se odvíjí tak, aby nájemné alespoň přibližně kopírovalo výnos, který by vlastníkovému pozemku plynul, pokud by pozemek prodal a strženou peněžní částku investoval na úrok. Pro stanovení výše výnosu z takto uložených peněz (na dlouhodobý vklad) je nutno získat ucelenou řadu úrokových sazeb pro řešené období. Přístupné jsou řady diskontních sazeb ČNB a úrokové sazby státních dluhopisů. Přehled výnosnosti státních dluhopisů za období od roku 2015 do roku 2020 je pro ilustraci uveden níže v tabulce.

Tab. č. 1: Výnosy státních dluhopisů v období roku 2015 až 2020

Výnos koše státních dluhopisů s průměrnou zbytkovou splatností			
Období	2 roky	5 let	10 let
2020	0,19	0,80	1,27
2019	1,49	1,45	1,60
2018	1,48	1,59	1,96
2017	0,60	1,05	1,62
2016	-0,94	-0,20	0,47
2015	-0,37	-0,08	0,53

Zdroj: https://www.cnb.cz/cnb/STAT.ARADY_PKG.VYSTUP?

6. ZÁVĚR

Výše obvyklého nájemného z pozemků v zemědělských areálech, které jsou z části zastavěny stavbou jiného vlastníka, lze určit při uplatnění náhradního postupu, tj. odvozením z ceny pozemku pomocí procentuální sazby (míry kapitalizace) + obecně platné: kvalita výstupu je závislá na kvalitních vstupních údajích. Použití přímého porovnání nájmů nemusí být korektní, protože vlastníci pozemků nemají stejnou vyjednávací pozici, není zde smluvní rovnost, jelikož se svými pozemky mají značně omezenou možnost disponovat.

Použitá literatura a legislativa

- [1] BRADÁČ, A. a kol.: *Teorie a praxe oceňování nemovitých věcí*. 1. vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2016. ISBN 978-80-7204-930-0.
- [2] IVSC. Mezinárodní oceňovací standardy 2017. Praha: Ekopress, 2018. ISBN 978-80-87865-44-6
- [3] BRADÁČOVÁ, L. Problematika znal. zjištění obvyklého nájemného z pozemků. Přednáška na konferenci znalců ÚSI VUT dne 24. 1. 2004. *Soudní inženýrství*, 2004, roč. 15, č. 2, s. 77-87. ISSN 1211-443X.

Legislativa

- [4] Zákon č. 89/2012 Sb., občanský zákoník, v platném znění.
- [5] Zákon č. 151/1997 Sb., o oceňování majetku (a o změně některých zákonů), v platném znění.
- [6] Vyhláška č. 441/2013 Sb., oceňovací vyhláška, v platném znění

Internetové zdroje

- [7] <https://www.streliceubrna.cz>
- [8] <https://www.rychnov-city.cz>
- [9] <http://www.cuzk.cz>
- [10] <https://smlouvy.gov.cz>
- [11] <https://www.spucr.cz>
- [12] <https://www.cnb.cz>

Recenzovala

Vítězslava Hlavinková, Ing., Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Purkyňova 464/118, 541 148 936, vítězslava.hlavinkova@usi.vutbr.cz

VLIVY PŮSOBÍCÍ NA CENY STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ V DOBĚ PANDEMIE COVID-19

INFLUENCES ON THE PRICES OF CONSTRUCTION MATERIALS DURING THE COVID-19 PANDEMIC

Karla Háva¹

Abstrakt

Výrobci a dodavatelé stavebních materiálů se potýkají s výrazným růstem cen surovin, polotovarů a mnoha typů výrobků. Současně roste také nejistota, zda bude zajištěn dostatek vstupních surovin v potřebném množství pro vlastní výrobu. Děje se tak díky časovému souběhu mnoha nepříznivých okolností.

Plasty jsou v době pandemie směřovány primárně do zdravotnictví a to převážně na výrobu ochranných pomůcek proti přenosu viru. Velké množství plastů je také využito na jednorázové obaly na jídlo či obaly na zboží, které je mnohem častěji než dříve objednáváno online. Jeden z nejvýraznějších vlivů na cenu plastů má výpadek výrobních kapacit globálních výrobců plastů v USA. Nedostatek plastů v USA výrazně ovlivňuje i množství plastů na trhu v Evropě. Následné stahování plastů z Číny a Evropy výrazně přispívá ke komplikacím spojeným s logistikou. Nastává nedostatek místa na lodích, letadlech i v železniční dopravě a výrazně se tak prodlužují dodací lhůty.

Omezení nebo ukončení výroby některých hutí v Evropě, zvyšování cen emisních povolenek, celní restriktce a nedostatek kovů z Asie napomáhá k růstu cen kovů. Cena kovů je hnána nahoru navyšováním cen na Londýnské burze kovů.

Vleklá kůrovcová kalamita sice nekončí, lesníkům se její šíření na řadě míst České republiky již však podařilo zastavit. Těžba kůrovcového dřeva se tedy postupně snižuje a jeho cena se navyšuje. Cenový nárůst není způsoben jen samotným utlumováním těžby kůrovcového dřeva, ale také v průběhu uplynulých dvou let vytvořenými exportními kanály, kterými značné objemy českého dřeva putuje do zahraničí, především do Číny.

Restriktce spojené se současnou pandemií ovlivňují i množství pracovníků potřebných pro výrobu materiálů, pro logistiku výrobků, prodej, ale i samotnou montáž na stavbě. V jarních a letních měsících 2020 došlo k utlumení stavební produkce. V současné době však dochází k oživení a poptávka po mnoha materiálech převyšuje nabídku.

Abstract

Producers and suppliers of construction materials are dealing with rising prices of raw materials, semi-finished products and lots of different types of products. Insecurity of input raw material supplies for production is on the rise as well. This is due to the concurrence of many unfavourable circumstances.

Plastics are now being directed primarily to healthcare, mainly for the production of protective aids against virus transmission. A large amount of plastics is used for disposable food containers or packaging of goods, which is now more than ever ordered online. The outage of production capacity of global plastics producers in the USA has the biggest impact on plastics prices. Lack of plastics in the US influences significantly the quantity of plastics available on European markets. The subsequent withdrawal of plastics from China and Europe significantly contributes to logistics complications. Insufficient capacity of transport ships, aircraft and rail transport makes delivery times longer.

Reduction or termination of production of some smelters in Europe, rising emission allowance prices, tariff restrictions and a shortage of metals from Asia are contributing to raise metal prices. It is seen on the London Metal Exchange.

Although the long-term bark beetle calamity is not at its end yet, foresters have succeeded in stopping it in many places in the Czech Republic. Logging of bark beetle timber is decreasing and its price increases. The increase is caused not only by the decrease in logging, but also by export of this timber abroad, particularly to China, which is a phenomenon of the last two years.

Pandemic restrictions have impact on availability of workers for materials production, products logistics, sale and on-site assembly. There was a slowdown in construction output in spring and summer 2020. However, a recovery phase has been seen recently and demand for many materials exceeds supply.

¹ Karla Háva, Ing. et Ing., VUT v Brně, Ústav soudního inženýrství, Purkyňova 464/118, 612 00 Brno, 76816@usi.vutbr.cz

Klíčová slova

Ceny stavebních materiálů; nedostatek surovin; pandemie Covid-19; zdražování.

Keywords

Prices of construction materials; lack of raw materials; Covid-19 pandemic; price increase.

1. VLIV PANDEMIE NA TRH OBECNĚ

Vliv pandemie na trh je značný. Zákazníci se naučili více využívat online prostředí pro uspokojení svých potřeb. Tomuto trendu se následně přizpůsobil i trh. Obchodníci zefektivňují dodání zboží, rozšiřuje se síť spedičních společností, zlepšují se služby vrácení zboží, reklamace, atd.

Pandemie měla za následek decentralizaci dodavatelského řetězce. Mnoho společností si během zavírání hranic a omezení pohybu lidí a zboží uvědomila, že nelze spoléhat pouze na dodávky zboží z Číny nebo jiných koutů světa. Nákladově může být dovoz zboží z Asie výhodnější variantou, avšak pokud nedorazí kritická součástka do výrobního závodu, nebo je zpožděna o několik týdnů či měsíců, může to mít značný vliv na dodání zboží klientovi. Na trhu je tedy patrný návrat kritických částí dodavatelského řetězce na lokální úroveň a vytvoření systému dodávek, který je odolnější vůči případným výkyvům dodání z dalekého zahraničí. [1]

Dalším důsledkem je snaha o držení vyšších zásob u podniků. Společnosti se tímto snaží vykrýt případné výpadky dodávek i za cenu vyšších nákladů.

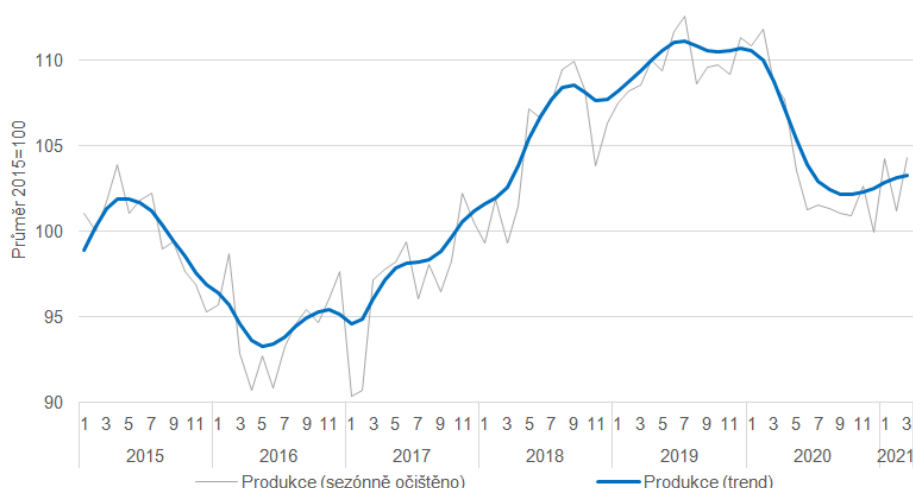
2. VLIVY PŮSOBÍCÍ NA CENY STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ

Výrobci a dodavatelé stavebních materiálů se potýkají s výrazným růstem cen surovin, polotovarů a mnoha typů výrobků. Současně roste také nejistota, zda bude zajištěn dostatek vstupních surovin v potřebném množství pro vlastní výrobu. Jde o důsledek časového souběhu mnoha nepříznivých okolností, které výrazně působí na cenu stavebních materiálů, ale i na jejich dostupnost a délku dodání. [2]

Za nejvýznamnější vlivy autor článku považuje následující:

- výpadek výrobních kapacit globálních výrobců plastů v USA v důsledku mrazů a následného blackoutu, což se okamžitě projevilo nejen ve stavebnictví, ale i v obalovém průmyslu, automotive atd.,
- nedostatek lodních kontejnerů a růst cen kontejnerové přepravy (ceny námořní přepravy vzrostly meziročně údajně více než třikrát),
- růst cen některých materiálů na burzách (železo, plasty),
- odstavení dolů kvůli karanténám, omezení výroby z důvodu pracovní neschopnosti dělníků či tzv. „kurzarbeitu“,
- nedostatek plechů a oceli z Asie a omezení nebo ukončení výroby některých hutí v Evropě,
- navyšování cen emisních povolenek a tím např. k prodražení hutní výroby či výroby vápenných hydrátů,
- velké množství materiálu jindy určeného pro stavebnictví jde do automobilového průmyslu,
- vysoká poptávka USA po řezivu a OSB, snížení množství kulatiny v ČR,
- předzásobování obchodních společností a zpracovatelů,
- enormní nárůst spotřeby jednorázových plastů ve zdravotnictví (rukavice a další jednorázové ochranné pomůcky z plastů),
- upřednostnění výroby roušek a jednorázových pomůcek před ostatní výrobou (výrobní linky na netkané textilie po celém světě využívaly své kapacity především pro zdravotnictví),
- nárůst spotřeby obalového materiálu kvůli přesunu části maloobchodu do e-shopů a kvůli balení jídla s sebou v gastronomii (nedostatek kartonů, obalového materiálu z plastů),
- zdražování ropy,
- zvýšená poptávka Číny po surovinách v důsledku výrazného oživení čínské ekonomiky,
- neprůjezdnost Suezského průplavu, i když jen na několik dní.

Restrikce spojené se současnou pandemií ovlivňují množství pracovníků potřebných pro výrobu materiálů, pro logistiku výrobků, prodej, ale i samotnou montáž na stavbě. V jarních a letních měsících 2020 došlo k utlumení stavební produkce. V současné době však dochází k oživení a poptávka po mnoha materiálech převyšuje nabídku.



Graf 1 Index stavební produkce v ČR [3]

2.1 Plasty

V době pandemie enormně vzrostla spotřeba jednorázových plastů, které jsou směřovány především do zdravotnictví. Výrazně však vzrostla i potřeba obalových materiálů z plastů kvůli přesunu části maloobchodu do online prostředí a kvůli zvýšené spotřebě jednorázových plastů v gastronomii.

Jeden z nejvýraznějších vlivů na cenu plastů má výpadek výrobních kapacit globálních výrobců plastů v USA. Během léta 2020 způsobily výpadky výroby související s pandemií Covid-19 pokles zásob. V srpnu pak hurikán Laura přinutil odstavit řadu petrochemických továren v Louisianě a Texasu. Bezpečnostní opatření spojená s pandemií současně zpomalila výrobu na mnoha pracovištích a způsobila nedostatek pracovních sil a omezení nákladní dopravy v amerických přístavech. [4]

Takzvaným posledním hřebíčkem byla zimní bouře v únoru 2021, která zasáhla pobřeží Mexického zálivu. Stát Texas, jehož jihovýchodní ohraničení státu tvoří Mexický záliv, je totiž domovem největšího petrochemického komplexu na světě, který mění ropu, plyn a další vedlejší produkty na plasty. Odstranění škod způsobených bouří bude trvat měsíce. Vzhledem k těmto problémům nemohlo uvíznutí kontejnerové lodi 23. března v Suezském průplavu přijít v horší dobu. Omezení dodávek polyethylenu, polypropylenu a monoethylenu vedly k omezení výroby plastů, rychlému zvýšení cen a zpoždění výroby v celé řadě průmyslových odvětví nejen v USA, ale i v Evropě. [4]

USA nyní vykupují zboží od evropských a čínských výrobců plastů. To mimo jiné zapříčiňuje i nedostatek volných kontejnerů pro lodní přepravu.



Graf 2 Vývoj ceny plastů v západní Evropě [5]

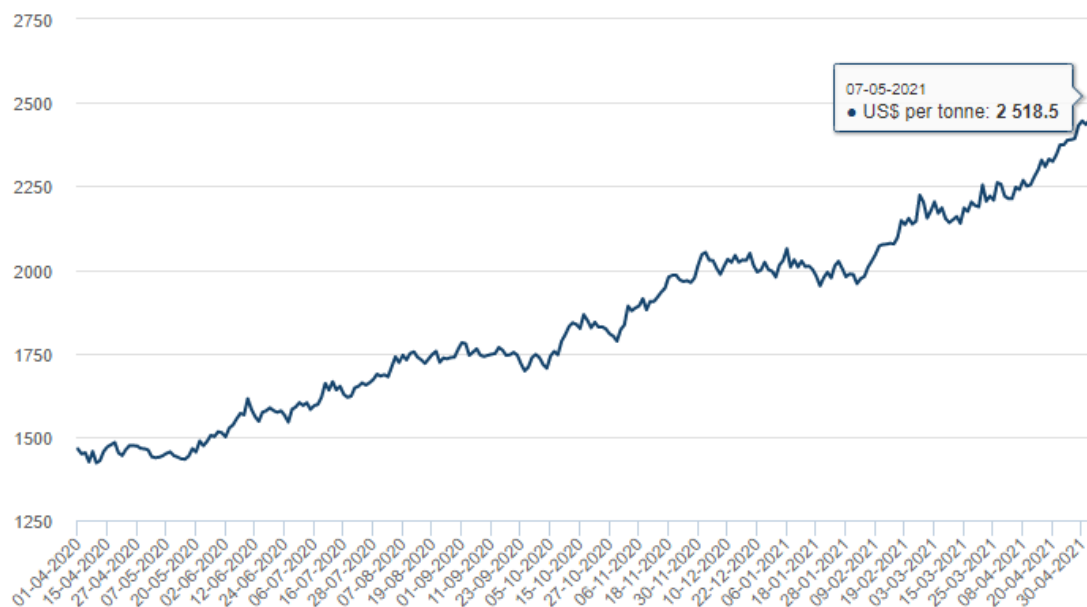
V grafu je zobrazen vývoj indexu „Plastixx“ od dubna 2020 do dubna 2021. Plastixx je index cen polymerů PIE (Plastics Information Europe) zavedený v červnu 2005 odrážející cenový vývoj plastů v západní Evropě. Základem indexu je leden 2002 s 1 000 body.

2.2 Kovy

Antidumpingová cla na dovezené materiály z Asie, zdražení námořní dopravy a nedostatek kontejnerů pro dovoz materiálu, zvýšený export do USA u některých výrobců a celková změna na trhu spotřebitelů, to vše vyvolalo vyprodání kapacit u evropských výrobců válcovaných materiálů, zpoždění dodávek a zdražování, které v některých případech dosahuje dvojnásobné výše oproti konci roku 2020.

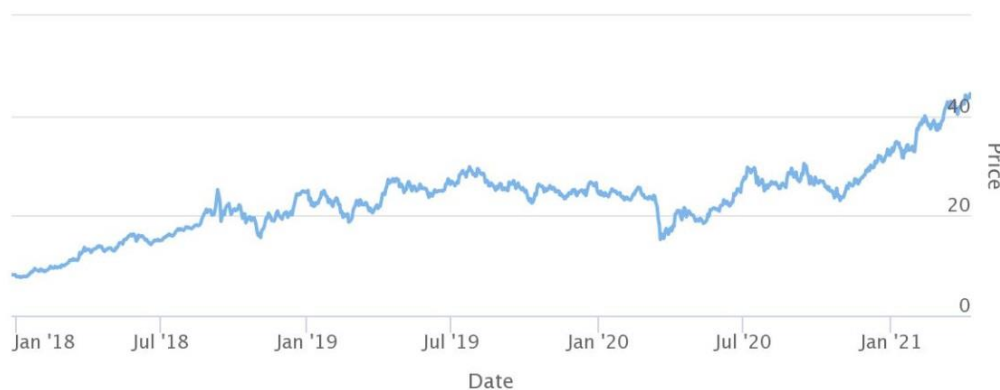
Dalším vlivem působícím na cenu kovů jsou celní restrikce a zvýšená poptávka v dalších zemích mimo EU jako jsou Turecko, Asie, Rusko, Srbsko či Jižní Korea.

Ceny surovin od posledního čtvrtletí 2020 rychle rostou. Cena kovů je hnána nahoru navyšováním cen na Londýnské burze kovů (LME - London Metal Exchange). Vývoj ceny hliníku na burze je zobrazen v grafu.



Graf 3 Vývoj ceny hliníku na Londýnské burze kovů (London Metal Exchange) v USD za tunu [6]

Raketový růst ceny emisní povolenky z 10 na 40 eur za tunu CO₂ v posledních dvou letech představuje pro ocelářství také velký problém, protože bezplatná alokace již dnes nepokrývá skutečné emise hutí, a společnosti tudíž musí povolenky nakupovat.



Graf 4 Vývoj ceny emisních povolenek Evropské unie EUA (European Union Allowance) v EUR [7]

V současné době je u odběratelů prostor pro cenová vyjednávání velmi malý a je nutno akceptovat nabízené ceny dodavatelů. Společnosti, které neměly předem dohodnuté dodávané množství u svých dodavatelů prostřednictvím rámcových nebo jiných smluv, jen těžko bojují o jakákoliv dodaná množství.

2.3 Dřevo

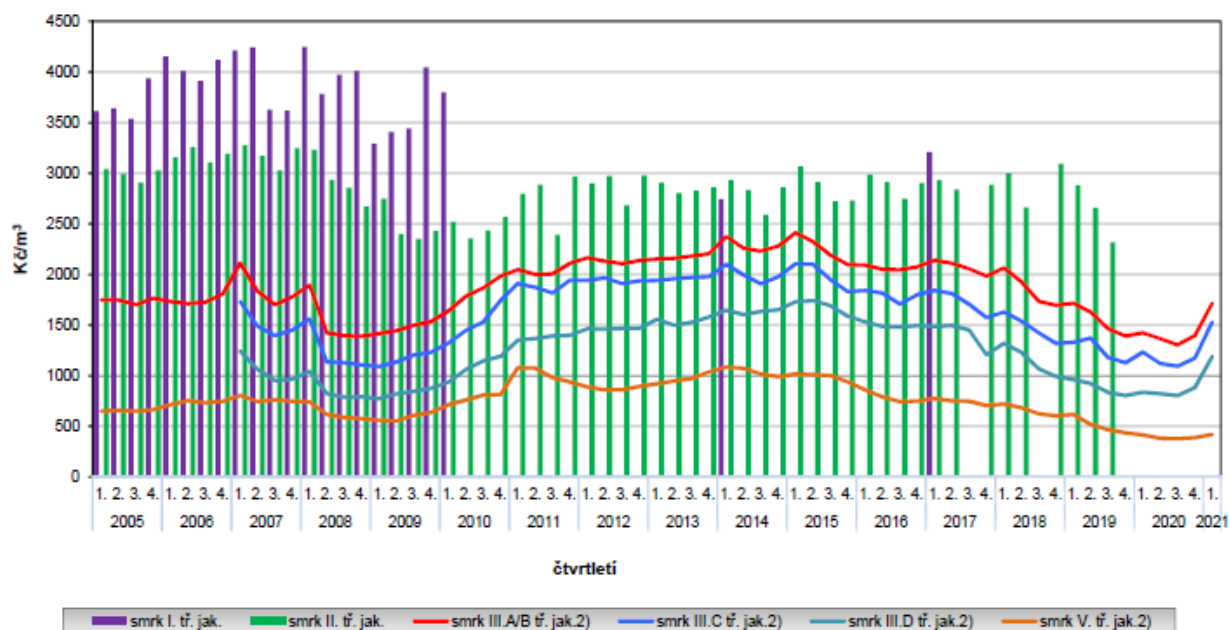
Rok 2020 byl chladnější a deštivější než roky předešlé a lesům to zcela určitě prospělo. Vleklá kůrovcová kalamita tím ale nekončí, i když se její šíření na řadě míst České republiky lesníkům již podařilo zastavit. Těžba kůrovcového dřeva se tedy postupně snižuje a cena kulatiny se navyšuje.

Cenový nárůst kulatiny podle názoru pilářů není způsoben jen samotným utlumováním těžby kůrovcového dříví, ale také v průběhu uplynulých dvou let vytvořenými exportními kanály, kterými značné objemy českého dříví

mizí do zahraničí. Vyvážené dříví putuje především do Číny. Důvodem je tamní stoupající spotřeba dřeva nejen pro vlastní potřebu, ale i pro výrobu nábytku na export. Nevýhodami vývozců jsou však nákladná doprava po železnici a po moři, závislost na dostupnosti a cenových podmínkách kontejnerů, hrozba uvalení embarga na obchodování s Čínou, sezónní poškození dřeva trhlinami a nedostatek přepravních kapacit. Velké množství dříví bylo z ČR vyvezeno také do Rakouska, Německa, Polska, na Slovensko a do Rumunska. [8] [9]

Po šoku způsobeném pandemií Covid-19 v prvním čtvrtletí 2020 a omezení výroby z důvodu pracovních neschopností dělníků, došlo na konci 3. čtvrtletí celosvětově ke skokovému oživení poptávky. Dodavatelé a zpracovatelé dřeva tak přezimovali s nízkými stavy skladů. Regionálně panoval nedostatek kulatiny. Pilaři mají nyní nízké stavy skladů stejně tak jako obchodníci a zpracovatelé. Zásoby jsou minimální v Evropě, USA i v Číně.

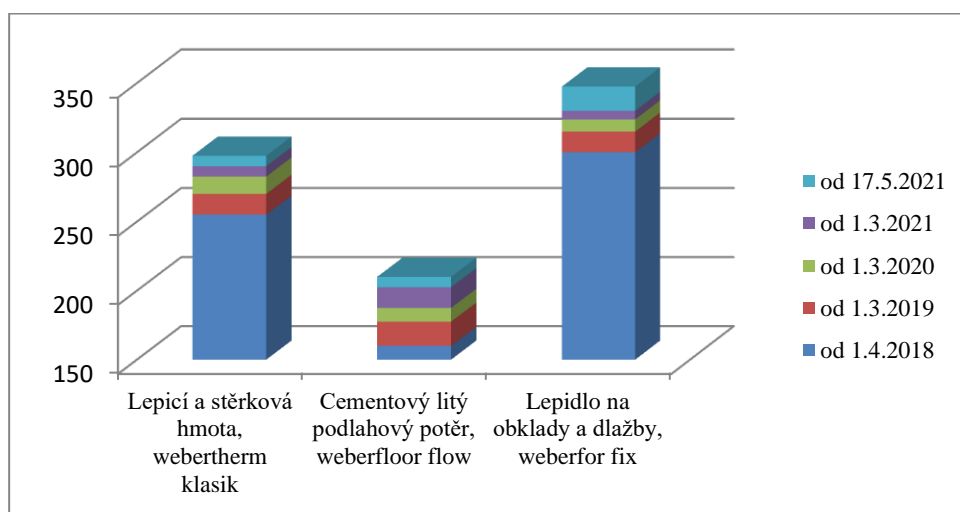
Výše uvedené vlivy se nyní promítají do ceny stavebních materiálů ze dřeva, dochází k výpadkům dodávek zboží a opakovanému navyšování cen dodavatelů.



Graf 5 Vývoj průměrné ceny jehličnatého surového dřeva (smrku) [3]

2.4 Suché omítkové směsi, maltové směsi a disperzní produkty

U výrobců suchých omítkových směsí, maltových směsí a disperzních produktů rostou také ceny vstupních surovin a materiálů. Konkrétně se jedná především o růst cen polymerů, celulózy, surovin s obsahem termoplastů (fólie, kbelíky, obaly, kanystry), u kterých se potýkají nejen se skokovým zdražováním ze strany jejich dodavatelů, ale i s nejistotou, zda vůbec budou suroviny dodány. Souběžně dochází také k navyšování cen emisních povolenek a tím prodražení výroby vápenných hydrátů. Dochází také ke zdražování dřeva a oceli, což má vliv na růst cen potřebných euroalet.



Graf 6 Vývoj cen vybraných výrobků WEBER v Kč/25 kg [10]

2.5 Logistika zboží

V současné době jsou dodavatelé materiálů konfrontováni s prodlouženými dodacími lhůtami a zvýšenými náklady na logistiku. Zpožďuje se doprava zboží do Evropy. Delší dodací lhůty jsou převážně způsobeny nedostatkem volných lodních kontejnerů. U námořní přepravy nastává největší problém ještě před odplutím lodí v Asii. Týdny i měsíce se čeká na volné kontejnery a prostor na lodi. Problém s kontejnery se dále přenáší na leteckou a železniční dopravu. U letecké dopravy se doba dodání zboží protahuje opět už v Číně, kde se čeká na knihování volného prostoru v letadle. Zároveň se létá s překládkou, protože počet přímých letů byl kvůli covidu-19 omezen. Železniční přeprava kopíruje stejný trend jako námořní. I zde se projevila nutnost čekání na volné kontejnery a doba dopravy je tak výrazně delší než obvykle.

3. ZÁVĚR

Ceny stavebních materiálů rostou, často je jich nedostatek a zásadním způsobem se prodlužují dodací termíny. Lze očekávat, že do léta ceny materiálů dále porostou. Ceny materiálů a jejich dostupnost jsou nyní garantovány s omezenou platností v rádech dnů. I když odběratelská společnost akceptuje vyšší nákupní ceny, nejsou někteří dodavatelé materiálů schopni garantovat nasmlované množství dodávek pro celou letošní sezónu.

Literatura

- [1] *Trend Report 2021*. Praha: Asociace pro rozvoj trhu nemovitostí, zájmový spolek. 2021, 95 s.
- [2] *Prohlášení Radany Duňkové z Baumit, spol. s.r.o. o zvýšení cen – rozeslané emailem zákazníkům*. Brandýs nad Labem. 26. dubna 2021.
- [3] Český statistický úřad. Dostupné z WWW: <<https://www.czso.cz/>>.
- [4] VAKIL, Bindiya. *The Latest Supply Chain Disruption: Plastics*. *Harvard Business Review*. Business School Publishing. březen 2021. [online]. c 2021, [cit. 12.5.2021]. Dostupné z WWW: <<https://hbr.org/2021/03/the-latest-supply-chain-disruption-plastics>>.
- [5] PIE (Plastics Information Europe) *Polymer Prices*. Bad Homburg. Germany. [online]. c 2021, [cit. 12.5.2021]. Dostupné z WWW: <<https://pieweb.plasteurope.com>>.
- [6] The London Metal Exchange. London. [online]. c 2021, [cit. 12.5.2021]. Dostupné z WWW: <<https://www.lme.com/>>.
- [7] EUA (European Union Allowance) Price. Ocelářská unie. [online]. c 2021, [cit. 12.5.2021]. Dostupné z WWW: <<https://www.ocelarskaunie.cz>>
- [8] NOVÁK, František. *Cenový vývoj kulatiny a řeziva*. Dřevařský magazín. 22. Ročník, s. 14-15, Banská Bystrica: Trendwood – twd, s.r.o. 1-2.2021, 40 s.
ISSN 1338-371X
- [9] MICHALEC, Jan. SLOUP, Roman. LÍPA, Jan. *Prodej kůrovcové pilařské kulatiny z České republiky do Čínské lidové republiky: review*. Zprávy lesnického výzkumu. 1/2020. 2020. s. 57-64.
ISSN 0322-9688
- [10] Ceníky Saint-Gobain Construction Products CZ a.s., divize WEBER.

Recenzoval

Pavel Klika, Ing., Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, odbor znalectví a oceňování nemovitostí, Purkyňova 464/118, 612 00 Brno, 541 148 937, pavel.klika@vut.cz

VLIV VLASTNOSTÍ VODNÍHO ULOŽENÍ NA VÝSLEDKY ZKOUŠEK ODOLNOSTI BETONU VŮČI CYKlickÉMU NAMÁHÁNÍ MRAZEM A CHEMICKÝM ROZMRAZOVACÍM LÁTKÁM

THE INFLUENCE OF WATER STORAGE PROPERTIES ON THE RESULTS OF TESTS OF CONCRETE RESISTANCE TO CYCLICAL FROST STRESS AND DE-ICING CHEMICALS

Kristýna Hrabová¹, Jakub Niedoba²

Abstrakt

Beton jakožto nejpoužívanější stavební materiál je hodnocen podle celé řady hledisek včetně jeho trvanlivosti. V posledních letech jsou publikovány vědecké a odborné práce, které se zabývají možnostmi hodnocení jeho trvanlivosti za účelem zajištění požadované životnosti betonových konstrukcí. Článek je zaměřen na problematiku zjišťování a hodnocení odolnosti povrchu betonu proti působení vody a chemických rozmrazovacích látek. Konkrétně tedy zkoumání vlivu vlastností vodního uložení při zrání betonu na výsledky zkoušení jeho odolnosti vůči cyklickému namáhání mrazem a chemickým rozmrazovacími látkami. Tato problematika je řešena jako podnět z praxe, kdy se odborníci z oblasti výroby cementu a betonu domnívají, že různé chemické složení vody při uložení zkušebních těles má vliv na výsledky těchto zkoušek.

Abstract

Concrete is the most widely used building material and is typically evaluated from many points of view, including its durability. In recent years, scientific and professional works have been published that deal with the possibilities of evaluating its durability to guarantee the required service life of concrete structures. The article deals with the topic of investigating and evaluating the resistance of the concrete surface to the effects of water and de-icing chemicals. In particular, it deals with the investigation of the influence that the properties of water storage have on the results of tests of concrete resistance to cyclical frost stress and de-icing chemicals during the process of concrete curing. This is, in fact, motivated by practice, as experts in the field of cement and concrete production believe that when placing test specimens into water for testing the resistance of concrete to de-icing chemicals, the chemical composition of water affects the results of these tests.

Klíčová slova

Beton; trvanlivost; odolnost; rozmrazovací látky; vodní uložení.

Keywords

Concrete; durability; resistance; de-icing chemicals; water storage.

1. ÚVOD

Rozhodující vliv na trvanlivost stavebních materiálů má působení vnějšího prostředí, tedy environmentálního zatížení. V současnosti existuje několik normativních laboratorních zkoušek zabývajících se hodnocením vlivu míry poškození povrchové vrstvy betonu založených na hodnocení její degradace působením vody a chemických rozmrazovacích látek (CHRL) například norma ASTM C672 / C672M – 12 [4], metoda CDF podle RILEM TC 117-FDC [5]. V České republice se konkrétně jedná o metody, které jsou specifikovány v normě ČSN P CEN/TS 12390–9 [6] a ČSN 73 1326 [7]. Norma [6] se však v současné době používá jen zřídka. Důvodem je zdlouhavý a poměrně složitý postup a nízká vypovídací schopnost. Norma [7], která je v platnosti od roku 1984, se zabývá namáháním zkušebních těles při cyklickém střídání teplot. Tato norma udává dvě metody pro zkoušení: metodu A a metodu C. Tyto metody jsou standardně používány k hodnocení trvanlivostních charakteristik ztvrdlých betonů (stupeň vlivu prostředí). Při zkouškách odolnosti betonu proti chemickým rozmrazovacím látkám se stanovuje odolnost povrchu betonu vystaveného působení vody s rozpuštěnými solemi (nejčastěji 3 % roztok NaCl) a zmrazovacím cyklům. Tyto zkoušky by měly napodobit skutečné prostředí, ve kterém se betonová konstrukce vyskytuje.

Odolnost betonu proti cyklickému namáhání mrazem a chemickými rozmrazovacími látkami je v posledních letech velkým technologickým problémem, který řeší nejen technologové a zkušební laboratoře, ale i projektanti betonových a železobetonových konstrukcí. Výsledky laboratorních zkoušek může ovlivnit celá řada faktorů [11].

¹Kristýna Hrabová, Ing. et Ing., Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Purkyňova 464/118, Ústav stavebního zkušebnictví, Veveří 331/95, kristyna.hrabova@vutbr.cz.

²Jakub Niedoba, Ing., Vysoké učení technické v Brně, Ústav stavebního zkušebnictví, Veveří 331/95, jakub.niedoba@vut.cz.

Jedním z nich je charakter vodního uložení, o němž se odborníci domnívají, že může ovlivnit výsledky zkoušek CHRL. V normě [12] nejsou podrobně specifikovány požadavky na vodní uložení, v němž jsou uloženy betonové vzorky po dobu zrání. V praxi je tak možné potkat se s různými druhy vodního uložení. Některé zkušební laboratoře ukládají vzorky do vyčištěných nádrží s čerstvě napuštěnou vodou, jiné ukládají vzorky do odstáté vody (použité vody), v níž už zrála předchozí zkušební tělesa. Tato použitá voda má jiné chemické složení a pH než voda čerstvá. Norma [12] také uvádí, že je možno zkušební tělesa uložit do vlhkého prostředí, ve kterém je předepsaná $\geq 95\%$ vlhkost vzduchu a stálá teplota 20 ± 2 °C.

Ve vodním uložení, při kontaktu betonu s vodou, dochází ve vodě k vyluhování Ca(OH)_2 . V měkké vodě je toto vyluhování markantnější. Tvrdost přechodná čili hydrogenuhličitanová, je dána obsahem kyselých uhličitánů vápenatých a hořečnatých, jejichž rozpustnost je omezoována obsahem oxidu uhličitého ve vodě. Jestliže jeho množství ve vodě klesne, dochází k rozkladu kyselých uhličitánů a jejich vyloučení ve formě „normálních“ uhličitánů. To se projeví poklesem tvrdosti vody. Naopak při zvýšení obsahu oxidu uhličitého ve vodě dochází k tomu, že CaCO_3 přechází postupně do roztoku:



Cílem tohoto článku je upozornit na problematiku zjišťování a hodnocení odolnosti povrchu betonu proti působení vody a chemických rozmrazovacích látek. Tato problematika je řešena jako podnět z praxe, kdy se odborníci z oblasti výroby cementu a betonu domnívají, že různé chemické složení vody při uložení zkušebních těles vede k vysoké reprodukovatelnosti výsledků zkoušek. Na základě vysoké reprodukovatelnosti dochází ke sporům, kdy si objednatel nechá provést zkoušky odolnosti betonu proti CHRL akreditovanou laboratoří. Akreditovaná laboratoř dodá výsledky mírně lišící se od výsledku, kterých dosáhl dodavatel betonu. Poté vzniká spor mezi dodavatelem a objednatelem, kdy objednatel žádá snížení ceny [11]. V rámci studie je zkoumáno, zda charakter vody ve vodním uložení může ovlivnit výsledky zkoušek odolnosti proti CHRL. Z důvodu stále probíhajícího experimentu jsou v tomto článku uvedeny pouze částečné výstupy.

2. POPIS EXPERIMENTU

V rámci provedeného experimentu byl použit beton s označením C30/37 XF4 S4 D16, jehož složení je uvedeno v tabulce 1. Zkušební tělesa byla vyrobena ve zkušební laboratoři BETOTECH s. r. o., přičemž vzorek čerstvého betonu byl odebrán v betonárně TBG METROSTAV. Čerstvý beton byl ukládán do stejného typu forem, jedním týmem pracovníků, při dodržení stejných výrobních podmínek. Vyrobena zkušební tělesa byla uložena po dobu 24 hodin v laboratorních podmínkách, poté byla tělesa odformována a převezena do laboratoře FAST VUT.

Tab. 1 Složení čerstvého betonu

Složka	Množství [kgm^{-3}]
CEM I 42,5 R	395
Kamenivo 8-16	900
Kamenivo 0-4	793
Superplastifikátor	2,2
Provzdušňovací přísady	1,0
Voda	155

Následně byla tělesa rozdělena do tří skupin, kdy jednotlivé skupiny zkušebních těles byly uloženy do různých typů vodního uložení po dobu zrání betonu:

- První skupina těles byla uložena do vyčištěné nádrže s vodou z vodovodního řádu.
- Druhá skupina byla uložena do použité vody, do které byla již dříve uložena betonová zkušební tělesa.
- Třetí skupina těles byla uložena do nádrže s proudící vodou z vodovodního řádu. Rychlost proudění vody byla stanovena na 1 l/h tak, aby nedošlo k plnému nasycení Ca(OH)_2 .



Obr. 1 Zrání betonu ve vodním uložení – standardní voda z vodovodního řádu (vlevo), použitá voda (vpravo)

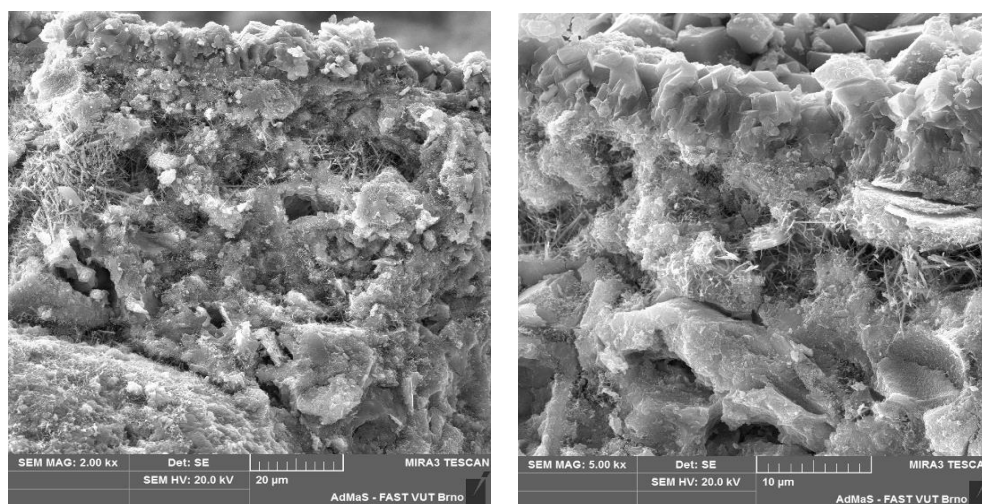
Před samotným uložení betonových těles do vodního uložení bylo změřeno pH jednotlivých roztoků. Naměřené pH hodnoty jsou vyobrazeny v tabulce 2.

Tab. 2 pH vodního uložení

Typ vodního uložení	pH roztoku [-]
Použité	13,33
Standardní	7,38
Průtokové	6,67

Po uplynutí doby zrání (28 dní) byla tělesa osušena a natřena chemoprénovým nátěrem v úrovni 5 mm od povrchu tělesa, neboť norma požaduje, aby bylo zkušební těleso ponořeno 5 ± 1 mm ve zkušebním roztoku [13]. Po zavaznutí chemoprénového nátěru byly vzorky zabaleny do fólie a odeslány 4 zkušebním laboratořím. Každá zkušební laboratoř obdržela 3 sady zkušebních těles.

Před provedením zkoušky odolnosti betonu proti CHRL byl povrch těles mikroskopicky zkoumán, aby bylo možné stanovit změnu povrchové vrstvy vlivem působení vodního uložení.



Obr. 2 Snímky povrchu zkušebních těles z elektronového mikroskopu

Z výsledků rastrového elektronového mikroskopu (SEM) je patrné, že při vodním uložení v proudící vodě se na povrchu vzorků vytváří tenká vrstva CaCO_3 , která vzniká z vyluhujícího se hydroxidu vápenatého z betonu a volného CO_2 z vody. Tato vrstva přispívá ke zpevnění povrchové vrstvy betonu, což se může projevit vyšší odolností proti CHRL a zmrazovacím cyklům. Snímky z elektronového mikroskopu ukazují, že vrstva CaCO_3 vzniká nejen u vzorků uložených v proudící vodě, ale i ve standardní vodě z vodovodního řádu a vodě již použité. Tato vrstva však není příliš kompaktní. Následně byla na tělesech provedena zkouška odolnosti betonu proti CHRL metodou A.

Tab. 3 Průměrný odpad při zkoušení odolnosti betonu proti CHRL metodou A

Zkušební laboratoř	Typ vodního uložení	Odpad po 50 cyklech [gm ⁻²]	Odpad po 100 cyklech [gm ⁻²]
1	Použité	243,4	783,2
	Standardní	221,5	728,8
	Průtokové	150,4	414,0
2	Použité	206,5	679,8
	Standardní	154,3	496,7
	Průtokové	121,6	341,2

Na základě prvotních výsledků probíhajícího experimentu bylo potvrzeno, že různé druhy vodního uložení ovlivňují výsledky zkoušek odolnosti betonu proti CHRL metodou A. V tabulce 3 je ukázka prvotních výsledků zkoušek. Z výsledků je patrné, že nejnižší hodnoty odpadu dosahují u všech zkušebních laboratoří zkušební tělesa, která byla uložena v průtokové vodě, ve které nedocházelo k nasycení roztoku. Výsledky naznačují, že při uložení zkušebních těles do průtokové vody dochází v povrchových vrstvách betonu ke zpevnění. Takto zpevněné povrchové vrstvy dosahují výrazně vyšší odolnosti při zkoušce odolnosti betonu proti CHRL metodou A. Naopak nejnižší odolnost povrchové vrstvy dosahovala tělesa uložena v použité vodě, která měla zásadité pH oproti ostatním druhům vodního uložení. Ve vodním uložení s použitou vodou nedocházelo ke zpevnění povrchových vrstev betonu, které nastává při vyluhování Ca(OH)₂ z betonu.

3. ZÁVĚR

Odolnost betonu proti cyklickému namáhání mrazem a chemickým rozmrazovacími látkami je technologickým problémem, který řeší nejen technologové a zkušební laboratoře, ale i projektanti betonových a železobetonových konstrukcí. Výsledky laboratorních zkoušek může ovlivnit mnoho faktorů. Provedené experimenty ukazují, že jedním z těchto faktorů může být i charakter vodního uložení. Z výsledků vyplývá, že při uložení zkušebních těles do průtokové vody dochází v povrchových vrstvách betonu k většímu zpevnění než při uložení do standardní vody z vodovodního řádu, či vody použité. Takto zpevněné povrchové vrstvy pak dosahují výrazně vyšší odolnosti při zkoušce odolnosti betonu proti CHRL metodou A. Kompletní výsledky probíhajícího experimentu včetně rozsáhlé analýzy budou předmětem dalších navazujících publikací.

4. PODĚKOVÁNÍ

Príspevek vznikl za podpory fakultního specifického výzkumu VUT, „Vliv vlastností vodního uložení na výsledky zkoušení odolnosti betonu vůči cyklickému namáhání mrazem a chemickým rozmrazovacími látkami“, evidovaným pod číslem FAST-J-21-7450 a za podpory projektu GAČR č. 19-22708S „Nové přístupy k predikci trvanlivosti provzdušněného betonu prostřednictvím zjišťování obsahu a rozložení vzduchových pórů a mrazuvzdornosti vrstvy betonu“.

Literatura

- [1] KOCÁB, Dalibor, Tereza KOMÁRKOVÁ, Monika KRÁLÍKOVÁ, Petr MISÁK a Bronislava MORAVCOVÁ. Experimental determination of the influence of fresh concrete's composition on its resistance to water and de-icing chemicals by means of two methods. *Materials in Tehnologije*. Switzerland: Trans Tech Publications Ltd, 2016, 387-395 ISSN 1580-2949. Dostupné z: doi:10.17222/mit.2015.233.
- [2] KOCÁB, Dalibor, Petr MISÁK, Tomáš VYMAZAL, Tereza KOMÁRKOVÁ a Romana HALAMOVÁ. Stanovení odolnosti povrchu betonu proti působení vody a chemických rozmrazovacích látek – metody, praxe, problémy. *Beton TKS*. 2017, 2017(2), 42-47. Dostupné z: https://www.betontks.cz/sites/default/files/2017-2-42_0.pdf
- [3] TEPLÝ, Břetislav, Petr HÁJEK a Kristýna HRABOVÁ. Concrete, Sustainability and Limit States. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Praha, 2019. ISSN 1755-1307. Dostupné z: doi:10.1088/1755-1315/290/1/012049.
- [4] ASTM C672/C672M-12. Standard Test Method for Scaling Resistance of Concrete Surfaces Exposed to Deicing Chemicals (Withdrawn 2021). První. West Conshohocken: PA: ASTM International, 2012.
- [5] RILEM TC 117-FDC, TC 117-FDC Recommendation - CDF test - test method for the freeze thaw and deicing resistance of concrete - Tests with sodium chloride (CDF). *Materials and Structures: Mater. Struct.* RILEM Publications SARL, 1996, 29(193), 523-528. ISSN 1359-5997.

- [6] ČSN P CEN/TS 12390-9 (731302). Zkoušení ztvrdlého betonu: Část 9: Odolnost proti zmrazování a rozmrazování - Odlupování. První. Praha: ÚNMZ, 2007.
- [7] ČSN 73 1326. Stanovení odolnosti povrchu cementového betonu proti působení vody a chemických rozmrazovacích látek. První. Praha: ÚNMZ, 1985.
- [8] MALÁ, Jitka. Chemie a technologie vody: M04-Voda v průmyslu, zemědělství a energetice. První. Brno: VUT FAST.
- [9] DOHNÁLEK, Jiří, Rudolf HELA, Petr TŮMA, Jiří KOLÍSKO a Jan HROMÁDKO. Zkoušení mrazuvzdornosti betonu. Beton TKS. 2008, ročník 8, č. 3, s. 54–60. ISSN 1213-3116.
- [10] VYMAZAL, Tomáš, Oldřich ŽALUD, Petr MISÁK, Barbora KUCHARCZYKOVÁ a Ivo RUMEL. Vliv zkušebních forem a ošetřování těles na výsledky zkoušek fyzikálně-mechanických a trvanlivostních charakteristik ztvrdlého betonu. Beton TKS. 2001, ročník 1, č. 4, s. 76–79.
- [11] MISÁK, P.; VYMAZAL, T.; KUCHARCZYKOVÁ, B.; ŽALUD, O. Stanovení odolnosti betonu proti působení CHRL podle ČSN 73 1326 - opakovatelnost a reprodukovatelnost výsledků zkoušek. Beton TKS, 2013, vol. 2013, no. 4, p. 120-124. ISSN: 1213- 3116.
- [12] ČSN EN 12 390-2. Zkoušení ztvrdlého betonu – část 2: Výroba a ošetření zkušebních těles pro zkoušky pevnosti. Praha: ÚNMZ, 2020.
- [13] ČSN 73 1326 – Z1. Stanovení odolnosti povrchu cementového betonu proti působení vody a chemických rozmrazovacích látek. Praha: ÚNMZ, 2003.

Recenzoval

Leonard Hobst, prof. Ing. CSc., Vysoké učení technické v Brně, Ústav stavebního zkušebnictví, Veveří 331/95, hobst.l@fce.vutbr.cz

CENOTVORNÉ FAKTORY U RODINNÝCH DOMŮ S DŮRAZEM NA PRVKY UDRŽITELNÉ VÝSTAVBY

PRICE SETTING FACTORS FOR HOUSES WITH FOCUS ON SUSTAINABLE FEATURES

Tereza Jandásková¹ Tomáš Hrdlička²

Abstrakt

Cenotvorné faktory a jejich vliv na cenu nemovitostí jsou ve vědeckých/odborných kruzích čteně diskutovány. Příspěvek přináší náhled na cenotvorné faktory u rodinných domů, které jsou rozděleny na základní cenotvorné faktory, faktory spjaté s vybavením a příslušenstvím a cenotvorné faktory týkající se stavebně technického stavu. V příspěvku je diskutované téma, do jaké míry ovlivňuje udržitelnost a její principy prodejní ceny rodinných domů ve vybrané lokalitě. Dílčím výstupem příspěvku je odpověď na otázku, zda mají prvky udržitelné výstavby v rodinném domě vliv na prodejní cenu nemovitosti. Na základě statistického testování pomocí analýzy rozptylu (ANOVA) byla statistická významnost potvrzena. Vstupem do testování byla databáze 631 rodinných domů v okrese Brno – venkov s prodejními cenami.

Abstract

Price setting factors and their impact on real estate prices are widely discussed in scientific/professional circles. The paper provides an overview of price setting factors for houses, which are divided into basic price setting factors, factors related to equipment and accessories, and price setting factors related to the construction and technical condition. The paper asks whether it affects the sustainable features of the selling price of houses. A partial output of the contribution is whether a sustainable features in house has an effect on the selling price of real estate. This factor was statistically tested by analysis of variance (ANOVA) and confirmed by statistical significance. Entering the database of 631 houses in the district of Brno – venkov with selling prices.

Klíčová slova

Cenotvorné faktory; rodinný dům; prodejní cena; prvky udržitelné výstavby.

Keywords

Price setting factors; houses; selling price; sustainable features.

1. ÚVOD

Stavebnictví spotřebovává na globální úrovni přes 40 % primárních energií a je zodpovědné za zhruba třetinu světové produkce skleníkových plynů. [1] Stavebnictví tak skýtá potenciál k redukci produkce skleníkových plynů a snížení spotřeby primárních energií v průběhu životního cyklu budov (od výstavby po demolici). Toho lze dosáhnout skrze výstavbu a provoz staveb respektující principy udržitelné výstavby, tedy udržitelných budov. Rodinných domů, které odpovídají principům udržitelné výstavby nebo domů, které splňují alespoň dílčí principy, na českém realitním trhu přibývá. Jedná se jak o energeticky pasivní či aktivní rodinné domy nebo rodinné domy s využitím obnovitelných materiálů - dřevostavby. Přibývá také stávajících budov, které jsou postupně modernizovány v duchu těchto principů, tedy využívají například obnovitelné zdroje energie.

2. REŠERŠE

2.1 Cenotvorné faktory obecně

Faktory, které mají vliv na cenu rezidenčních nemovitostí, se zabývali italští autoři Zoppi a kol. ve městě Cagliari v Itálii (Sardinie). Cílem realizovaného výzkumu bylo analyzovat vztah mezi různými hodnotami bytů a faktory, které souvisí jak s městským prostředím, tak s charakteristikami trhu s domy, resp. byty, v metropolitní oblasti. Konkrétně se jednalo o čtyři skupiny charakteristik. Konstruktivními/stavebními charakteristikami domu (velikost, vzdálenost od pobřeží, qualitative indexes accounting/kvalitativní index, stáří budovy, úroveň bytu a úroveň údržby).

¹Tereza Jandásková, Ing. Bc., Vysoké učení technické, Ústav soudního inženýrství, Purkyňova 464/118, 612 00 Brno, tereza.jandaskova@usi.vutbr.cz

²Tomáš Hrdlička, Ing., Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Purkyňova 464/118, 612 00 Brno, tomas.hrdlicka@usi.vutbr.cz

Sousedské demografické charakteristiky (hustota obyvatel, městská část, kde se nemovitost nachází, počet trvale žijících cizinců v okrese). Faktory související s územním plánem (obytné zóny, vzdálenost od nemovitosti, blízkost parků a veřejné zeleně). Pro definování vztahu byl použit hedonický přístup. Výzkum byl realizován na 304 bytových jednotkách. Autoři pracovali s pěti různými hodnotami bytů - odhadovanou hodnotou, hodnotou nájemného, katastrální hodnotou, hodnotou poskytovanou Národní observatoří trhu s nemovitostmi a prodejní hodnotou. Výsledkem výzkumu bylo mimo jiné zjištění, že pokud by se velký byt rozdělil na 2 menší, zvýší se tím hodnota domu. Rovněž "poloha" bytu ovlivňuje jeho hodnotu, především v souvislosti s výhledem na moře a orientací vůči světovým stranám. [2]

Na obecné úrovni se cenotvornými faktory rovněž zabývali i američtí autoři Sirmans a kol. Autoři poukazují na to, že domy jsou tvořeny velkým množstvím charakteristik, které mají vliv na cenu nemovitosti. Na základě využití hedonické regresní analýzy odhadli marginální přínos jednotlivých individuálních charakteristik. Studie obsahuje zjištění, že šikmá nebo plochá střecha, závlahový systém na trávník, zahradní vana, samostatný sprchový kout, dvojité trouba a oplocení pozitivně ovlivňují cenu nemovitosti. Zatímco půdní prostor, zóna s výskytem zemětřesení, blízkost provozů produkující zápach (chov dobytka či skládka) negativně ovlivňují cenu, stejně jako blízkost vysokého napětí či etnická různorodost obyvatelstva. Autoři vytvořili následující kategorie, které zařadili jako: Strukturální prvky (stáří, dispozice, výměra), vnitřní prvky (klimatizace, krb, vana), vnější prvky (garáž, bazén), vnější prostředí (pohled na jezero, oceán), sousedství, lokalita (kriminalita, golfové hřiště, stromy), veřejné služby (školy, občanská vybavenost), marketingové a prodejní faktory (TOM, time trend, vacancy), finanční (daně týkající se nemovitostí, dražby). [3]

2.2 Cenotvorné faktory - prvky udržitelné výstavby

Využívání obnovitelných zdrojů energie je důležitým aspektem udržitelné výstavby, stejně jako redukce energetické náročnosti budov. Typicky se jedná o využití alternativních zdrojů jako např. fotovoltaické panely, solární panely pro ohřev teplé vody či tepelná čerpadla. Neměla by však být opomenuta ani redukce spotřeby energií, například zpětným získáváním tepla (ze vzduchu, odpadních vod aj.) [4]

Tyto technologie jsou často spojeny s vyššími pořizovacími náklady i náklady na údržbu. Studie z Japonska však potvrzuje vyšší prodejní cenu (pozitivní cenový efekt) v případě obytných budov s určitou alternativní technologií. Tento pozitivní dopad na cenu byl zjištěn u obytných budov dvou a více let starých. Časový odstup je odůvodněn potvrzením nižších provozních nákladů po první topné sezóně. [5]

Pozitivní dopad na cenu potvrdila také studie nigerijského trhu primárních rezidencí. Tato studie byla zaměřena na úspory energie a kvalitu vnitřního prostředí (včetně osvětlení, ventilace, vlhkosti a dalších). [6]

Pokud jde o téma alternativních technologií a úspor energie, bylo pozorováno, že nízká potřeba energií, hodnocena prostřednictvím energetických tříd (energy classes), má pozitivní vliv na prodejní cenu. [7], [8]

Autoři článku se problematikou dopadů prvků udržitelnosti na cenu již zabýval. Na základě využití metody analýzy rozptylu (Analysis of Variance "ANOVA") autoři došli k závěru, že přítomnost prvků dle principů udržitelné výstavby (alternativní zdroje energie, snížení energetické náročnosti) neovlivňují prodejní cenu. Statistický test byl proveden na dílčí databázi obsahující 122 prodaných rodinných domů ve vybrané lokalitě Brno – venkov a ve vymezeném časovém úseku, odpovídajícímu roku prodeje 2017. [9]

3. METODOLOGIE A DATA

Výzkum byl realizován na databázi o 631 rodinných domech v okrese Brno – venkov. Tento okres se nachází v návaznosti na druhé největší město v České republice – Brno. Okres Brno – venkov je součástí metropolitní oblasti Brna. Z jihu je tento okres obklopen oblastí vinic a na severu je ohraničen chráněnou krajinnou oblastí - Moravský kras. Rozdělen na severní a jižní část je dálnicí D1.

Prvním krokem pro sestavení databáze bylo shromažďování nabídkových cen včetně informací, které se v realitní inzerci nachází. Sběr dat z realitní inzerce byl kontinuálně jednou týdně sledován a obnovován. Data byla sbírána od března 2017 do února 2020, tedy 35 měsíců. U nabídek byly rovněž průběžně shromažďovány informace z katastru nemovitostí, především parcelní číslo a katastrální území. Po odstranění inzerované nabídky prodejcem, byly k jednotlivým rodinným domům nalezeny informace o prodeji (cenové údaje) evidované v katastru nemovitosti.

Databáze se tedy skládá z iniciační nabídkové ceny, realizované ceny a informací z katastru nemovitostí. Dále byly doplněny informace dostupné z veřejných zdrojů a informace, které bylo možné získat z fotografií a samotných inzerátů. Jako prvky odpovídající principům udržitelné výstavby jsou pro tento příspěvek brány: fotovoltaické panely, solární panely, vytápění peletami či tepelným čerpadlem, zpětné získávání tepla z odpadního vzduchu nebo vody.

Celkem tedy bylo u každého rodinného domu stanoveno 39 cenotvorných faktorů. Databáze o 631 vzorcích, kromě primárních cenových údajů, obsahuje rovněž duplicitní cenové nabídky. Jedná se celkem o 239 duplicitních nabídek, které byly vyřazeny. Do databáze tak vstupuje každý prodej rodinného domu pouze jednou.

Při sestavení databáze byl zaznamenán opakovaný prodej u vzorku č. 26, který byl během doby sledování zaznamenán hned dvakrát. Poprvé v roce 2018 za 640 000 Kč. Podruhé na konci roku 2019 za 3 050 000 Kč. Na obrázku vlevo se nachází rodinný domů, který se v inzerci nacházel v roce 2018, na obrázku vpravo se nachází rodinný dům, který se v inzerci nacházel v roce 2019.



Obr. 1 a Obr. 2: Vzorek č. 26 při prodeji v roce 2018 a poté v roce 2019

3.1 Cenotvorné faktory

Cenotvorné faktory byly definovány na základě provedené analýzy trhu, rešerší zahraničních a tuzemských článků a publikací a odborných zkušeností autorů. Rozděleny jsou do 3 konzistentních bloků. V prvním bloku jsou zahrnuty základní cenotvorné faktory rodinných domů. Ve druhém bloku se nachází cenotvorné faktory týkající se vybavení a příslušenství, třetí blok pak obsahuje faktory, které jsou spjaty s konstrukčními charakteristikami rodinného domu a jeho stavebním řešením.

Do základních cenotvorných faktorů byla např. zahrnuta velikost rodinného domu a pozemku, vzdálenost od Brna, možnosti parkování, ale i faktory týkající se likvidnosti rodinných domů, tedy doba trvání nabídky a změna ceny (podíl nabídkové a realizované ceny).

Ve druhém bloku jsou obsaženy například tyto faktory: nadstandardního vybavení, bazén, kamna, krb, klimatizace, vytápění či prvky udržitelné výstavby – fotovoltaické panely, solární panely, tepelné čerpadlo či vytápění peletami.

Ve třetím bloku se pak nachází tyto cenotvorné faktory: stav stavby, převládající typ střechy, materiál střešní krytiny, střešní prvky, stav krytiny, podstřešní prvky, stav oken a jejich materiál, stav sociálního zařízení (koupelny a toalety), fasáda, pozice objektu a jeho stáří, a konstrukce stavby a materiálůvá báze stavby, PENB – průkaz energetické náročnosti budovy, respektive třída energetické náročnosti a podlažnost.

3.2 Prvky respektující principy udržitelné výstavby

V níže uvedené tabulce je uvedeno předpokládané stáří jednotlivých rodinných domů v databázi. Z tabulky je tedy patrné, že pouhých 10 % obchodovaných nemovitostí je mladších 5 let. Právě i rozložení předpokládaného stáří jednotlivých prodaných rodinných domů může napovědět, že podíl novostaveb, které by vyhovovaly všem principům udržitelné výstavby je minoritní.

Tab. 7 Procentuální zastoupení předpokládaného stáří

Předpokládané stáří		
Rozdělení faktoru	Počet prvků v databázi [ks]	Procentuální podíl [%]
do 5 let	61	10 %
do 30 let	94	15 %
do 70 let	399	63 %
nad 70 let	77	12 %
Celkem	631	100 %

Stavební prvky či technologie, které odpovídají principům udržitelné výstavby u rodinných domů byly obsaženy pouze u 5 % prvků, respektive rodinných domů, ve zkoumané databázi. Jak již bylo zmíněno v kapitole data, jako prvky odpovídající principům udržitelné výstavby jsou v rámci hodnocení považovány prvky: fotovoltaické panely, solární panely, vytápění pelety či tepelným čerpadlem, zpětné získávání tepla z odpadního vzduchu nebo vody. Dále pak jsou

zahrnuty stavby, kde převládá využití obnovitelných materiálů – dřevostavby a stavby, které jsou vystavěny v pasivním standardu.

Tab. 8 Procentuální zastoupení udržitelných technologií

Rozdělení faktoru	Udržitelné technologie	
	Počet prvků v databázi [ks]	Procentuální podíl [%]
RD bez prvků udržitelnosti	602	95 %
RD s prvky udržitelnosti	29	5 %
Celkem	631	100 %

4. ANOVA

Pro zjištění statistické významnosti prvků respektující principy udržitelné výstavby na prodejní cenu rodinného domu byla zvolena analýza rozptylu (Analysis of Variance “ANOVA”), jednofaktorová analýza s hladinou významnosti 5 % ($p < 0,05$). Analýza rozptylu je metodou matematické statistiky a druhem statistického testování hypotéz. Touto metodou je možné ověřit, zda jedna hodnota určitého znaku má statistický vliv. V tomto příspěvku je otázkou, zda ovlivňují prvky udržitelné výstavby prodejní cenu rodinných domů. Princip metody je založen na rozdělení posuzovaného znaku do dvou skupin. [10] Pro vyhodnocení byla zvolena tato metoda z důvodu, že je možné určit pouze vliv jedné nezávislé proměnné na proměnné závislé.

Nulová hypotéza zní: hodnota nezávislé veličiny nemá vliv na hodnotu závislé veličiny. Tedy: prvky respektující principy udržitelné výstavby v rodinném domě nemají vliv na prodejní cenu nemovitostí. Zdali $F < F_{krit}$, poté platí nulová hypotéza.

Tab. 9 Analýza rozptylu ANOVA

Anova: jeden faktor

Faktor	Výběr	Počet	Součet	Průměr	Rozptyl
RD s udržitelnými prvky		29	175524426	6052566,414	8,75328E+12
RD bez udržitelnými prvky		602	2367842527	3933293,233	6,26414E+12

ANOVA

Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota P	F krit
Mezi výběry	1,24262E+14	1	1,24262E+14	19,49227637	1,19E-05	3,856285
Všechny výběry	4,00984E+15	629	6,37495E+12			
Celkem	4,1341E+15	630				

V testovaném případě $F > F_{krit}$, nulovou hypotézu tedy zamítáme. A prvky udržitelné výstavby mají vliv na prodejní cenu nemovitostí.

5. DISKUZE

Autoři se touto problematikou vlivu udržitelných prvků výstavby na prodejní cenu mimojiné zabývali již v článku: “The influence of sustainable features on liquidity of houses in the Czech Republic”. Předmětem tohoto článku bylo však pouze 122 prodaných rodinných domů v roce 2017. Tento výzkum přitom pracuje s databází 631 prodaných rodinných domů. Vliv prvků udržitelné výstavby v předchozím spěvku potvrzen nebyl. Naopak pozitivní vliv na cenu byl potvrzen u výzkumů realizovaných v Nizozemsku, Nigérii a Rakousku a Japonsku. [5], [6], [7], [8]. Autoři tohoto příspěvku se rovněž domnívají, že pozitivní cenový efekt na prodejní cenu nemovitostí je spjatý právě s vyššími pořizovacími náklady udržitelných technologií tak, jak je uvedeno v odborném článku japonských autorů Yoshida a Sugiur. [5]

6. ZÁVĚR

Na prodejní cenu nemovitostí mají, kromě velmi často zkoumaných charakteristik jako jsou lokalita či velikost nemovitosti, vliv i jiné charakteristiky. V rámci sestavené databáze o 631 rodinných domech byly definovány

cenotvorné faktory a analýzou rozptylu ANOVA byl potvrzen pozitivní cenový vliv prvků udržitelné výstavby na prodejní cenu rodinných domů.

Dílejší výsledky uvedené v tomto příspěvku je možné použít jako vstup do komparativního způsobu ocenění v rámci tržního oceňování nemovitostí a rovněž pro stanovení tržní hodnoty, jež musí předcházet detailní analýza realitního trhu s příslušnou komoditou.

Výzkum bude kontinuálně pokračovat statistickým testováním a modelováním příslušných charakteristik likvidnosti.

7. PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek byl zpracován za podpory Mezifakultního specifického vysokoškolského výzkumu MŠMT č.j. FAST/ÚSI-J-20-6366.

Literatura

- [1] United Nations Environment Programme. Buildings and climate change: summary for decision makers, UNEP, Paris 2009.
- [2] ZOPPI, C. ARGIOLASs, M. , LAI S., Factors influencing the value of houses: Estimates for the city of Cagliari, Italy, Land use policy, January 2015, Vol.42, pp.367-380.
- [3] SIRMANS, G.S., MACPHERSON D. A., and ZIETZ E.N. 2005. "The Composition of Hedonic Pricing Models". Journal of Real Estate Literature 13 (1): 3–43.
- [4] HRABOVÁ, K.; HRDLIČKA, T.; TLAŠEK, M. Use of heat from wastewater. In CESB19 – Central Europe Toward Sustainable Building 2019. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Praha: 2019. p. 1-8. ISSN: 1755-1307.
- [5] YOSHIDA J. and SUGIUR J. A. 2014. The Effects of Multiple Green Factors on Condominium Prices. The Journal of Real Estate Finance and Economics. 2014/04/01, 50. doi: 10.1007/s11146-014-9462-3.
- [6] Otegbulu, C. A. 2018. Willingness to Pay for Sustainable Features in Prime Residential Submarkets of Lagos. Journal of Sustainable Real Estate: 2018, Vol. 10, No. 1, pp. 163-189.
- [7] BROUNEN, D., and NILS K. 2011 On The Economics Of Energy Labels In The Housing Market. Journal Of Environmental Economics And Management 62 (2): 166-179. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2010.11.006>.
- [8] WARRE, M. G. 2012. The Value Of Sustainability In Real Estate: A Review From A Valuation Perspective: A Review From A Valuation Perspective. Journal of Property Investment and Finance, 2012/03/02. Vol. 30. doi:10.1108/14635781211206887.
- [9] JANDÁSKOVÁ, T.; HRDLIČKA, T.; KOMOSNÁ, M. The influence of sustainable features on liquidity of houses in the Czech Republic. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021, vol. 1, no. 656, p. 1-7. ISSN: 1755-1307.
- [10] GUDMUND R. I., HELMUT N., "Analysis of Variance" (1987), SAGE Publications, 1987, ISBN: 0803930011, 9780803930018.

Recenzoval

Monika Ledvoňová, Ing., STATIKUM s.r.o., Purkyňova 648/125, Brno 612 00, 778 883 400, monika.ledvonova@statikum.cz

ATRAKTIVITA A VLIV SCÉNICKÉHO POHLEDU NA HODNOTU REZIDENČNÍ STAVBY

ATTRACTIVENESS AND INFLUENCE OF SCENIC VIEW ON THE VALUE OF RESIDENTIAL BUILDING

Daniel Kliment¹

Abstrakt

Priorita prostoru v městském prostředí má nejen sílu integrovat jednotlivé scény do větších, vzájemně propojených celků, ale také ovlivňovat duševní a fyzický stav obyvatelstva a vyvolávat pocit sounáležitosti a empatie s prostorem. Článek se zaměřuje na studium vztahu mezi cenami bydlení a vybranými charakteristikami městského prostředí v lokalitě Brno-město. Výzkum byl prováděn pomocí alternativního přístupu založeného na technikách odborného úsudku vybraných odborníků, konkrétně přístupu Fuzzy Delphi. Jedná se o flexibilní metodu použitelnou na řadu zkoumaných problémů a lze ji vhodně použít jako primární alternativu k následným podrobnějším hedonickým analýzám. Výsledky pomáhají lidem v rozhodovacích procesech porozumět a analyzovat interakce mezi obyvateli a jednotlivými důležitými prvky městského prostředí.

Abstract

The priority of space in the urban environment has not only the power to integrate individual scenes into larger, interconnected units, but also to influence the mental and physical state of the population and evoke a sense of belonging and empathy with space. The article focuses on the study of the relationship between housing prices and selected characteristics of the urban environment in the locality of Brno-město. The research was carried out using an alternative approach based on the techniques of expert judgment of selected experts, namely the Fuzzy Delphi approach. It is a flexible method applicable to a number of researched problems and can be suitably used as a primary alternative to subsequent more detailed hedonic analyzes. The results help people in decision-making processes to understand and analyze the interactions between residents and individual important elements of the urban environment.

Klíčová slova

Alternativní přístup; hodnota nemovité věci; metoda Delphi; městské prostředí; rezidenční budova; scéna

Keywords

Alternative approach; property value; Delphi method; urban environment; residential building; scene

1. ÚVOD

Kontext priority prostoru v souvislosti s urbanismem a architekturou zahrnuje všeobecné vnímání a nelze jej rozdělovat na dva samostatné celky. Urbanismus souvisí nejen s funkčním využitím území, ale současně propojuje celý prostor - zástavbu, dopravní infrastrukturu, umělecké prvky, přírodní prvky, zeleň a další. Kontext v architektuře a urbanismu je tedy vnímám jako celkový dojem v němž žijeme. Individualita potřeb je široká a záleží na jednotlivcích co upřednostňují. [1]

Při oceňování nemovitých věcí se vyskytuje mnoho faktorů, které mohou přímo či nepřímo ovlivňovat jejich hodnotu. Obecně platí, že atraktivnější lokalita pro rezidenční bydlení, pokud se nejedná o historické centrum, je prostor doplněný o vnímané scénické prvky. Je dokázáno, že vnímání různých scén prostoru má vliv na hodnotu nemovitých věcí. S nemateriálními faktory však není zcela běžně uvažováno v rámci oceňování nemovitých věcí v České republice. Ve světě jsou však tyto vlivy zkoumány a je stanovena míra významnosti na hodnotu nemovitých věcí.

Článek je zaměřen na posouzení vlivů nemateriálních faktorů na hodnotu rezidenční stavby v městském prostředí. Zkoumání proběhlo v rámci dotazování odborníků, kteří byli rozděleni do 4 hlavních sekcí a to ekonomika, stavebnictví, architektura a reality. Pomocí metody Delphi a teorie Fuzzy množin byl stanovena atraktivita a procentuální odhad vlivu nehmotného aktiva v našem případě scénického pohledu jako environmentálního faktoru na cenu bydlení. Důležité je si uvědomit, že abstraktní pojmy sociálního postavení jsou chápány prostřednictvím asociací s prostorem a mapování abstraktních konceptů ke konkrétním vjemům se ukazují jako velmi vlivná.

¹ Daniel Kliment, Ing. et Ing., VUT Brno, Ústav soudního inženýrství, Purkyňova 464, 612 00 Brno-Medlánky, daniel.kliment@usi.vutbr.cz

2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

Syntetický vjem vytvářející větší celek v našem vědomí, představu o prostředí, v němž žijeme, které si sami vytváříme a které zpětně utváří nás. Proto je důležitá priorita prostoru v městské krajině, kterým se podrobněji zabývala Marie Švábová ve své publikaci. Všichni z vlastní zkušenosti známe vliv prostředí, prostorů, na náš psychický stav, fyzický stav a vzájemné chování. Priorita prostorů v městském prostředí má nejen sílu integrovat části do větších, vzájemně provázaných celků, ale i ovlivňovat ve stejném smyslu vztahy mezi lidmi, konkrétně vzbuzovat pocit sounáležitosti, empatie. Moderní urbanismus ve městech by si měl začít uvědomovat, že vedle zabezpečení fyzického zdraví obyvatel je neméně důležité uspokojovat i jejich potřeby psychické, možnost ztotožnit se s prostředím a rozvíjet tak existenciální podporou obyvatelstvu. Kontext městského prostředí přestal být spjat výlučně s urbanismem, ale začal být chápán především jako nadčasová hodnota našeho životního prostředí. [1]

V příspěvku, který publikoval Dimitris Damigos a Fotis Anyfantis je hodnota scénických pohledů v Řeckých Athénách spojených se zelenými plochami, mořským pobřežím, kulturními památkami atd. zkoumána očima vybraných realitních odborníků, kteří poskytují své odhady o atraktivitě každého scénického pohledu a jeho vlivu právě na ceny bydlení. Jedná se o především ilustraci alternativního a slibného přístup z praktického hlediska, který je založen na technice odborného úsudku zpracovaného pomocí metody Fuzzy Delphi odvozené z tradiční metody Delphi. Pomocí této metody dospěli k závěru, že působení moře je velmi významné a může zvýšit cenu bydlení o 34 %, zatímco významnost městského parku je nižší a zvyšuje cenu domu o 18 %. Zabývali se také negativním vlivem a zjistili, že nejsilnější negativní vliv způsobují skládky a průmyslové oblasti, jejich vlivem dochází k poklesu cen rezidenčních nemovitostí až o 23 %. [2]

Nadja Ferlan, Majda Bastic a Igor Psunder ve své publikaci, která se zaměřuje na faktory ovlivňující tržní hodnotu rezidenčních nemovitostí ve Slovinském Mariboru, zkoumali mimo jiné také vliv kvality výhledu z nemovitosti. Zjistili, že největší přidanou hodnotu způsobuje pohled na vodní prvek, který dokáže zvýšit prodejní cenu až o 40 %, zatímco průměrný nárůst hodnoty byl odhadován na přibližně 12 %. [3]

Holandský vědec Luttik odhadl, že v Nizozemsku rezidenční objekty s malebným výhledem na lesy v okolí by mohly přidat premii 6 až 12 % a vodní útvary 8 až 10 % na jejich hodnotě. [4]

Bourassa a kolektiv odhadují, že v Aucklandu na Novém Zélandu je důležitý pohled na vodní prvek, protože prodejní cena objektů s tímto faktorem se zvyšuje přibližně o 10 %, kromě toho také zjistili, že nemovité věci s panoramatickým výhledem na vodu přitahují premii 65 % v očích kupujících. [5]

Jim a Chen v čínském Guangzhou zjistili, že pohled na zelené plochy a blízkost vodních útvarů zvyšují cenu bydlení o 7 %, respektive 13 % [6]. Jim a Chen dále odhadují, že panoramatický pohled na přístav v Hongkongu by mohl zvýšit hodnotu bytů o 3 %. Zajímavé je, že navzdory očekávání autorů by panoramatický výhled na hory mohl snížit cenu bytů o 6,7 %, což odráží preference kupujících vůči bytům s výhledem na moře [7]. Rozdílný závěr uvádějí finští vědci Tyrväinen a Miettinen, kteří zjistili, že ceny bydlení a tím související hodnoty rezidenčních budov s výhledem do lesa mohou být o 5 % vyšší [8].

3. METODIKA

3.1 Metoda Delphi

Obecně metoda Delphi je využívána v předem určených oblastech a existuje několik jejích forem. The Delphi method was developed in the 1950s and 1960s at the RAND Corporation, in USA. Tradiční Delphi je založena na pohledech jednotlivců v rámci diskuze. Delphi přispívá k vytvoření společenského názoru v dané oblasti a tím napomáhá v ní nalézt shodu. Z tohoto důvodu byla tato metoda vybrána jako vhodná pro vytvoření závěrů pro stanovení ceny nemovitostí, u kterých jsou zkoumány zvolené nemateriální faktory.

Při práci s touto metodou je v prvním kroku definován problém, poté se přistupuje k výběru skupin odborníků, kteří mají kompetence se vyjádřit k dotazovanému problému. Měla by zde být zajištěna jejich anonymita. Po vyhodnocení výsledků v prvním kroce se většinou přistupuje k opakovaným kolům dotazování. Skupina odborníků se může znovu vyjádřit k daným problémům na základě vyhodnocených informací z předchozího kola a případně změnit své názory. Dosažené výsledky jsou poté zapracovány do konečného vyhodnocení. [9]

3.2 Metoda Fuzzy Delphi

Vedle tradiční metody Delphi je také používána Fuzzy Delphi Methoda. Tato metoda je založena na tradiční metodě Delphi a současně využívá podstatu z Fuzzy logiky. Klasická logika je dvojhodnotová (např. ANO či NE; 1 nebo 0; je větší nebo menší atd.). Následně fuzzy logika byla vytvořena z důvodu, že v reálném světě existují i neostré hranice, tedy nikoliv pouze 1 a 0, ale také čísla mezi nimi. Místo dvou pravdivostních hodnot lze získat nekonečně mnoho pravdivostních stupňů z intervalu [0, 1]. [9]

S vývojem času se tradiční metoda Delphi a metoda Fuzzy Delphi posunula. Dvojice matematiků Roy a Garai představili vylepšení stávající metody Fuzzy Delphi pomocí trojúhelníkového intuitivního fuzzy čísla „TIFN“. Tato metoda se používá jako vylepšený nástroj. [10] Fuzzy množina A definována jako:

$$A = \{x, \mu_A(x) | x \in A, \mu_A(x) \in [0, 1]\} \quad (1)$$

kde $\mu(A)(x)$ je ... funkce stupně členství $\mu: x \rightarrow [0,1]$.

Dotazování odborníci poskytují své odhady, data jsou reprezentovány ve formě trojúhelníkových čísel:

$$A_i = (\alpha_1^{(i)}, \alpha_M^{(i)}, \alpha_2^{(i)}), \quad i = 1, \dots, n \quad (2)$$

3.3 Vlastní postup

V prvním kroku byly vytypovány a fotografovány různé scénické pohledy kolem rezidenčních staveb. V dalším kroku byl proveden filtr těchto fotografií, vybírány byly takové scény, u kterých byly posuzované vlastnosti co nejvíce výrazné. Následně, v souladu s postupy metody Delphi, byl vytvořen dotazník s konkrétními otázkami a určen okruh 50 odborníků, kterým byl tento dotazník zaslán. Konkrétně se jednalo o odborníky, kteří působí v odvětvích architektury, ekonomie, stavebnictví a realit. Oslovení odborníci své individuálně vyplněné dotazníky odeslali zpět. Následně proběhla fáze vyhodnocení získaných názorů z jednotlivých dotazníků. Přestože dotazníky s doplněnými informacemi z prvního kola dotazování byly zaslány odborníkům znovu, změny původních názorů od těch, kteří dotazník podruhé odeslali, byly velmi minimální. Autoři výzkumu tedy vycházejí z toho, že zpracovatelé dotazníků na svých prvotních názorech trvali a již nebyli ochotni je revidovat.

4. VÝSLEDKY



Obr. 4 Jednotlivé typy scénického pohledu v městském prostředí, SC1 – hřbitov, SC2 – významná stavba, SC3 – zeleň, SC4 – veřejné oarkoviště, SC5 – průmyslová oblast, SC6 – vodní prvek, SC7 – neřízená skládka, SC8 – městské panorama, SC9 – výšková budova

Odhad atraktivity konkrétního zkoumaného typu scénického pohledu odpovídá bodovému ohodnocení jednotlivými dotazovanými odborníky z vybraných sekcí, kteří jej provedli na bodovací škále od 0 do 10, kdy 0 bodů označuje nejnižší atraktivitu a 10 bodů označuje atraktivitu nejvyšší. Hodnocení atraktivity jednotlivých pohledů v městském prostředí se napříč sekcemi mírně liší. Velmi podobně hodnotili atraktivitu vybraných pohledů ekonomové a realitní makléři. Všechny sekce se shodly na tom, že nejvíce atraktivní v městském prostředí je pohled na významnou stavbu (historickou kulturní památku), pohled na městskou zeleň (park) a pohled na vodní prvek v městské krajině. Na opačné straně je pohled na hřbitov, průmyslovou oblast a neřízenou skládku, jako nejméně atraktivní scénický pohled v městském prostředí okolo rezidenčních staveb.

Tab. 1 Atraktivita jednotlivých typů scénického pohledu v městském prostředí

odvětví	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5	SC6	SC7	SC8	SC9
architektura	0,0	8,0	9,0	3,5	0,5	8,5	2,0	7,5	5,5
ekonomie	1,5	9,5	7,8	1,3	0,8	7,3	0,8	6,3	4,3
stavebnictví	1,5	8,4	8,6	3,2	2,1	7,7	0,4	7,8	4,9
reality	1,2	8,8	7,5	1,5	1,2	7,3	1,3	8,2	4,5
průměr	1,0	8,7	8,2	2,4	1,1	7,7	1,1	7,4	4,8
minimum	0,0	6,0	5,0	0,0	0,0	4,0	0,0	4,0	2,0
maximum	7,0	10,0	10,0	5,0	4,0	10,0	4,0	10,0	9,0

Rozdíl v ceně rezidenční nemovitosti může být v městském prostředí vlivem určitého typu scénického pohledu rozdílný, je známo, že jsou pohledy lepší i horší, což ovlivňuje ochotu kupujících platit za tento benefit městského prostředí v okolí objektu pro bydlení. Níže uvedená tabulka shrnuje procentuální odhady vlivu nehmotného aktiva, v našem případě scénického pohledu na cenu rezidenčních staveb, uvažované jednotlivými odborníky. Nehmotnému aktivu je možné přidat prémii od 0 % do 100 %, která se promítá do ceny rezidenční stavby, ať už kladně nebo záporně. Obecně největší vliv má scénický pohled podle architektů, uvedli vliv od 18 % do 50 %, nejmenší vliv naopak uvažují realitní experti, konkrétně od 6 % do 32 %. Nejmenší rozptyl odhadovaného vlivu je vidět u odborníků z oblasti ekonomie a to konkrétně 11 % až 30 %. Při zohlednění odhadů odborníků ze všech dotazovaných sekcí dostáváme minimální vliv scénického pohledu na cenu bydlení v městském prostředí 11 % a maximální 38 %.

Tab. 2 Odhad vlivu scénického pohledu na hodnotu rezidenční stavby

odvětví	vliv od	vliv do
architektura	18%	50%
ekonomie	11%	30%
stavebnictví	9%	39%
reality	6%	32%
průměr	11%	38%
minimum	0%	10%
maximum	40%	100%

5. DISKUZE

Prokázalo se, že je nutné chránit a usměrňovat tvorbu životního prostředí a sociálního prostoru, zaměřené na potřeby uživatele kolem obydlí. Ve známém prostředí se orientujeme symbolicky, použitím takzvané mentální mapy, zahrnující v sobě důležité útvary (významné budovy, vodní prvky, parky a další), a proto jednotlivé prvky v městském prostředí nemají pouze funkci estetického výrazu a uměleckou působnost. Tyto prvky mohou nejen ovlivňovat duševní a fyzický stav obyvatelstva, ale také významně působit na cenu bydlení a hodnotu rezidenčních staveb v jejich bezprostředním okolí. Městské vnímání úzce souvisí s vybavením městského vizuálního prostředí a výsledky výzkumů prokázaly, že prvky vnímání na úrovni městských scén mohou významně zvýšit, případně snížit cenu bydlení. Při pohledu na dosažené výsledky můžeme vidět, že do jisté míry korespondují s výsledky podobných již realizovaných výzkumů ve světě, jež jsou také uvedeny v rešeršní části tohoto příspěvku.

6. ZÁVĚR

V článku je poukázáno na důležitost konkrétního environmentálního faktoru, scénického pohledu v městském prostředí a zkoumán jeho dopad zejména na cenu bydlení pomocí metody Fuzzy Delphi v lokalitě Brno-město. Jedná se o ilustraci alternativního a slibného přístup z praktického hlediska, který je založen na technice odborného úsudku.

Oslovení odborníci z jednotlivých oblastí svého působení se v odhadech vlivu zkoumaných typů scénických pohledů v městském prostředí pouze mírně odlišovali. Potvrdilo se, že různé typy scénického pohledu mají velký a rozdílný význam pro městské prostředí ve vztahu k funkci bydlení. Hodnota vlastnosti se zvyšuje v sestupném pořadí podle důležitosti následovně: pohled na významnou stavbu (historickou kulturní památku), zezeň (park), vodní prvek, městské panorama, výškovou budovu (moderní architekturu), veřejné parkoviště (dopravní infrastrukturu), průmyslovou oblast, neřízenou skládku a hřbitov. Lze konstatovat, že nejpravděpodobnější míra ovlivnění ceny bydlení zkoumaným environmentálním faktorem je cca od 11 % do 38 %. Výsledky tohoto zkoumání odpovídají zjištěním z podobně zaměřených výzkumů v jiných zemích a to s přihlédnutím na zvolené faktory v konkrétním městském prostředí. Dalším krokem souvisejícím se zpracováním tohoto příspěvku bude využití dosažených poznatků pro podrobnější výzkum vztahu mezi cenami bydlení a městským prostředím a prostorem, který jej obklopuje.

Poděkování

Příspěvek byl zpracován za podpory Specifického vysokoškolského výzkumu MŠMT č.j. ÚSI-J-20-6390.

Literatura

- [1] Švábová, M. Priorita prostoru - kontext, Asociace pro ochranu a rozvoj kulturního dědictví ČR [online]. Copyright © 2020 [cit. 01.11.2020]. Dostupné z: <http://www.asorkd.cz/>
- [2] Damigos, Dimitris. (2011). The value of view through the eyes of real estate experts: A Fuzzy Delphi Approach. *Landscape and Urban Planning*. 101. 171-178. 10.1016/j.landurbplan.2011.02.009
- [3] Ferlan, N., Bastič, M., Pšunder, I. (2017): Influential Factors on the Market Value of Residential Properties. *Engineering Economics*, 28(2). ISSN 1392-2785.
- [4] Luttik, J., 2000. The value of trees, water and open space as reflected by house prices in the Netherlands. *Landscape Urban Plan.* 48, 161–167.
- [5] Bourassa, S.C., Hoesli, M., Peng, V.S., 2003. Do housing submarkets really matter? *J.Hous. Econ.* 12, 12–28.
- [6] Jim, C.Y., Chen, W.Y., 2006. Impacts of urban environmental elements on residential housing prices in Guangzhou (China). *Landscape Urban Plan.* 78, 422–434.
- [7] Jim, C.Y., Chen, W.Y., 2009. Value of scenic views: hedonic assessment of private housing in Hong Kong. *Landscape Urban Plan.* 91, 226–234.
- [8] Tyrväinen, L., Miettinen, A., 2000. Property prices and urban forest amenities. *J. Environ. Econ. Manag.* 39, 205–233.
- [9] Hájek, P. (1998): *Metamathematics of fuzzy logic*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. Trends in logic, v. 4. ISBN 1-4020-0370-6.
- [10] Tapan, K., Garai, A. (2012): Intuitionistic Fuzzy Delphi Method: More realistic and interactive forecasting tool [online].

Recenzoval

Milada Komosná Ing. Ph.D., ÚSI VUT v Brně, vedoucí odboru, Purkyňova 464/118, Brno, tel.: 541 148 936, milada.komosna@usi.vutbr.cz

DOPADY PROTIPRÁVNÍHO ČINU NA CIVILNÍ LETIŠTĚ A ZPŮSOBY JEHO ZOHLEDNĚNÍ PŘI NÁVRHU STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ

IMPACTS OF AN ACT OF UNLAWFUL INTERFERENCE TO A CIVIL AIRPORT AND WAYS OF ITS CONSIDERATION IN STRUCTURAL DESIGN

Šárka Košťálová¹

Abstrakt

Článek se zabývá analýzou dopadů protiprávního činu na veřejná chráněná aktiva a chráněná aktiva prvku kritické infrastruktury. Je provedena analýza dopadů teroristického útoku v objektu civilního mezinárodního letiště, je popsáno, jak tento čin ovlivní chráněné zájmy společnosti a chráněné zájmy samotného prvku kritické infrastruktury. Chráněná aktiva, jejich typy a způsoby zajištění jejich bezpečnosti jsou zmiňovány v první části práce. V další části práce jsou shrnuty cíle zajištění požární bezpečnosti a způsob, jakým je požár a výbuch zohledňován při návrhu konstrukcí. Následně je vypracována případová studie, kdy je uvažována exploze výbušného zařízení s následnou možností šíření požáru, jako důsledek protiprávního činu s cílem narušení činností probíhajících na letišti Václava Havla v Praze. Dopady protiprávního činu na jednotlivá chráněná aktiva jsou analyzovány pomocí nástroje What, If. Následně jsou uvedeny možnosti, jak zmírnit dopady exploze pomocí efektivního návrhu konstrukcí objektu. V poslední části je shrnut koncepční rozvoj letiště Václava Havla v Praze v horizontu let a několika desítek let.

Abstract

The paper aims at analysing the potential impacts an act of unlawful interference should have to critical infrastructure element and its protected assets. It analyzes the impacts of a terrorist attack including explosive device with a possibility of a fire spread in a terminal of an international airport. It is described how the act shall influence protected assets of the state and of the critical infrastructure element. The topic of protected assets is addressed in the first part of the paper together with the means of their protection. Further, the system of fire protection in buildings and how fire is considered in the structural design is included. The next part contains a case study. Terroristic attack using an explosive device with a possible follow-up fire spread with the aim to disrupt operations on international civil airport in Praha is assumed. The impacts of such an attack to protected assess of both, the state and the airport are evaluated using the What, if method. Then, possible mitigation measures and means of consideration of such a happening in the design phase of the structures are described. At last, the conceptual development of the international civil airport in Prague is discussed in order to maintain the overall perspective while evaluating potential risks to the airport.

Klíčová slova

Civilní letiště; kritická infrastruktura; protiprávní čin; konstrukční návrh; minimalizace dopadů.

Keywords

Civil airport; critical infrastructure; unlawful act; structural design; mitigation strategies.

1. ÚVOD

Dle Ústavního zákona 110/1998 o bezpečnosti České republiky platí, že zajištění svrchovanosti a územní celistvosti České republiky, ochrana jejích demokratických základů a ochrana životů, zdraví a majetkových hodnot je základní povinností státu. Jinými slovy základní povinností státu je pečovat o veřejná aktiva. Veřejná aktiva jsou chráněné zájmy společnosti, a dle [1] zahrnují:

- lidské životy, jejich zdraví a bezpečí,
- majetek,
- životní prostředí,
- technologie,
- infrastruktury a technická díla.

Inženýrství zacílené na bezpečnost má za úkol zajistit bezpečí aktiv. Cílem je tedy prevence a zmírnění ztrát, které je dosaženo pomocí řízení rizik. Existují tři koncepty, které pracují s riziky a to řízení a inženýrství spolehlivosti, řízení a inženýrství zabezpečení a řízení a inženýrství bezpečnosti [2]. Mezi těmito koncepty mohou vznikat konflikty,

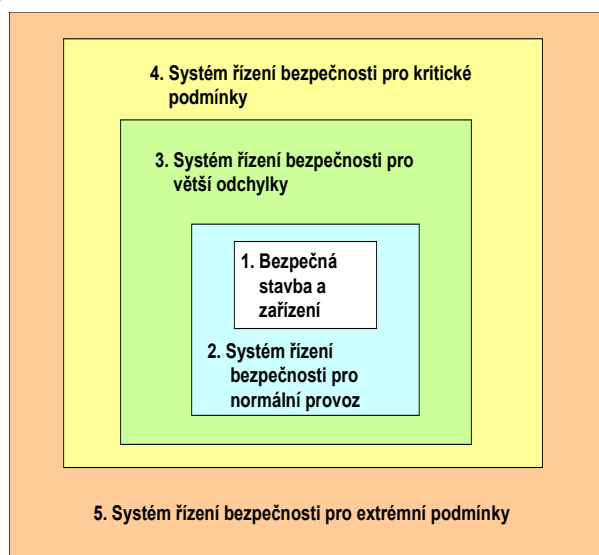
¹Šárka Košťálová, ing., ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra betonových a zděných konstrukcí, Thákurova 7/2077, 166 29 Praha 6, Česká Republika, sarka.kostalova@fsv.cvut.cz

protože jejich cíle jsou odlišné. Proaktivním řešením je aplikace holistického konceptu řízení rizik zacílené na integrální bezpečnost [1].

V praxi to znamená, že je třeba poznávat a zmírňovat rizika všeho druhu. Pro potřeby strategického řízení je riziko pravděpodobná velikost ztrát, škod a újmy na chráněných aktivech pro ohrožení, které představuje pohroma (tj. škodlivý jev) s normativně určenou velikostí, které jsou rozpočtené na jednotku plochy a času. Jeho velikost je závislá na normativně stanovené velikosti konkrétní pohromy a místní zranitelnosti aktiv vůči pohromě [2].

Při návrhu technických děl musí být zohledněny možné pohromy po dobu návrhové životnosti objektu – pro běžné objekty 100 let. Některé přístupy analyzují měření daného jevu za poslední desetky let a pomocí nástrojů matematické statistiky vyhodnocují pravděpodobnou velikost pohromy. Z podstaty velkých jevů však vyplývá jejich nepředvídatelnost a náhodnost v čase – objevují se nepravidelně a zřídka – například extrémní požáry. Proto je pouhé použití matematických nástrojů statistiky pro analýzu dat nevhodné a používají se metody založené na teorii extrémů anebo expertní odhady. Ty zohledňují změny procesů, které jsou důsledkem dynamických změn a nejsou náhodné. Jednou z teorií je Gumbelova teorie extrémních hodnot [3].

Vzhledem k neustále se rozvíjejícím technologiím a jejich vzájemnému propojení, mají dnešní technické objekty formu tzv. SoS, neboli systém systémů (system of systems). Jejich složitost vychází z rozměrů systému, složité funkční závislosti, velké interoperability, výkonu a vysoké bezpečnosti. Vysokou bezpečnost si lze představit jako nízké ohrožení chráněných aktiv při podmínkách normálních, abnormálních i kritických. V čase v SoS probíhají procesy, proto dochází ke změně podmínek. Při práci s riziky je proto nutné zohledňovat nejen ohrožení pramenící z pohrom, ale také měnící se procesy. Pro důležité objekty kritické infrastruktury se používá pro zajištění bezpečnosti přístup ochrana do hloubky (Defence-in-Depth) [1]; obrázek 1.



Obr. 1 Pětistupňový systém řízení bezpečnosti složitěho objektu. Převzato z [1, obr 8]

2. POŽÁRNÍ BEZPEČNOST

Bezpečnost obecně je schopnost systému předcházet kritickým podmínkám pomocí aktivních prvků ochrany, mezi které patří řízení (management) a pomocí prvků pasivní ochrany, která užívá hmotné prvky ochrany [2].

Požární bezpečnost je dle technické normy ČSN 73 0802– Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty definována jako schopnost stavebních objektů bránit v případě požáru ztrátám na životech a zdraví osob, popř. zvířat a ztrátám majetku; dosahuje se jí vhodným urbanistickým začleněním objektu, jeho dispozičním, konstrukčním a materiálovým řešením nebo požárně bezpečnostními zařízeními a opatřeními. Zákon č. 133/1985 Sb., o požární ochraně potom vytváří podmínky pro účinnou ochranu života a zdraví občanů a majetku před požáry a pro poskytování pomoci při živelních pohromách a jiných mimořádných událostech.

Požární bezpečnost je jedním z hlavních požadavků na provedení a návrh stavby a je důležitá z hlediska ochrany života a zdraví osob a majetku, zabránění šíření požáru na vedlejší objekty a její zajištění se popisuje v požárně bezpečnostním řešení stavby. To je možno vypracovat dle českého normativního rámce, který v sobě obsahuje české technické normy, vyhlášky a jiných přidružených předpisů. Druhou možností je aplikace tzv. požárně inženýrského přístupu, jehož účelem je vytvoření požárního modelu nejlépe popisujícího konkrétní případ a jeho okrajové podmínky. Současný trend poukazuje na využívání požárně inženýrského přístupu jako prostředku pro bližší popsání reálné požární situace [4].

2.1 Konstrukční návrh s uvažováním požáru

Od poloviny minulého století se tendence vědeckých skupin ubíraly směrem k poznání principů, které ovlivňují vývoj požáru. Bylo zkoumáno jakým způsobem a do jaké míry tyto faktory hrají roli, a tím bylo poprvé umožněno požár nejen popsat, ale také do jisté míry předpovědět. Na základě experimentálního výzkumu byly vytvořeny fyzikální modely a definovaly se dnes již běžně užívané výrazy jako flashover či rychlost uvolňování tepla (heat release rate). Tyto fyzikální modely vedly nejenom k pochopení problému, ale také k možnosti popisu požáru bez nutnosti neustálého opakování těchto nákladných experimentů [5].

Matematické modely požáru, jak tento způsob popisu požáru nazýváme, byly vyvíjeny na základě výsledků z experimentů. Tyto experimenty byly prováděny za konkrétních podmínek (velikost prostoru, skupenství a materiál zapalovaného předmětu, způsob měření hodnot a jejich typ) a tím byla určena aplikovatelnost těchto matematických modelů. V některých případech byla také provedena inženýrská extrapolace, která vedla k rozšíření použití matematického modelu [6].

Do popředí bezpečného návrhu systému se v posledních letech dostává návrh z hlediska pružné odolnosti (houževnatosti). Pružná odolnost (resilience) je dle americké legislativy definována jako schopnost díla či systému připravit se a zohlednit v plánování měnící se podmínky prostředí a schopnost absorbovat a zotavit se z narušení tohoto systému. Odolnost je tedy vlastnost daného systému či díla, kterým se zabýváme [7]. Z pohledu požárního inženýrství, které si klade za cíl zajistit bezpečnost řešeného díla vůči požáru je odolnost vyjádřena pomocí odezvy (performance) konstrukce díla na požár. Odezva konstrukce je obecně modelována ve třech krocích [5]:

- I. Modelování průběhu požáru od jeho iniciace a jeho vývoj v čase po výstupy tohoto požáru. Výstupy mohou být chápány jako způsob míry vyjádření velikosti a intenzity požáru. Nejčastěji se jedná o teploty plynů v prostoru, kde vznikl požár, případně energie vyzářená při požáru a rychlost jejího výdeje v čase.
- II. Modelování vedení tepla uvnitř konstrukce na základě okrajových podmínek ústících z modelování požáru. Jinými slovy, použití výstupů z modelování požáru (teplota plynů, energie vyzářená za požáru a rychlost, s jakou se v průběhu požáru mění) jako vstupní hodnoty pro určení způsobu prostupu tepla.
- III. Modelování odezvy konstrukce (jak se změní chování oproti normálním podmínkám) na základě znalosti prostupu tepla, které mění podmínky, pro které byla konstrukce navržena.

Před krokem I, ve kterém je modelován průběh požáru, se provádí obsáhlá analýza potenciálních požárních scénářů (fire scenarios). Tyto požární scénáře jsou definovány na základě analýzy hrozeb a událostí, které mohou vyústit v požár. Vzhledem k množství nejenom identifikovaných hrozeb, ale z nich ústících požárních scénářů je odezva konstrukce modelována s přihlédnutím k několika vybraným požárním scénářům. Požární scénář je přesně definovaný vývoj požáru v čase, který jej tak přesně charakterizuje a odlišuje od ostatních možných vývoju požáru [9].

2.2 Působení výbuchu na požární řešení objektu

Exploze vyvolává zatížení na konstrukce v důsledku šíření rázové vlny, která často překračuje rychlost zvuku. Na čele rázové vlny se tvoří oblast zvětšeného tlaku vzduchu, za jejím čelem naopak oblast tlaku sníženého. Přetlak vytvořen na čele rázové vlny nepůsobí na konstrukce jako jediné zatížení. Přetlakové fáze zatížení jsou ovlivněny odrazy rázové vlny od okolních konstrukcí a objektů, které jsou dostatečně hmotné, aby setrvaly na místě po dobu trvání impulsu. Po odrazu vlny dojde k vzrůstu přetlaku na čele vlny. Výbuchy obvykle také způsobují vznik úlomků křehkých materiálů, jako je zasklení či beton. Účinky úlomků mohou či nemusí být při statickém návrhu konstrukcí zohledněny [8].

Výbuch může značným způsobem také ovlivnit systém požární bezpečnosti objektu. Požární bezpečnost objektu je posuzována v případě plné funkčnosti veškerých funkčních bezpečnostních prvků – aktivních i pasivních. Tlaková vlna může narušit statickou funkci konstrukce a zároveň může dojít k poškození předepsaných protipožárních prvků, jako jsou protipožární obklady, protipožární nástřiky, protipožární klapky či elektrická požární signalizace. Návrh z hlediska působení výbuchu je analogický k návrhu objektů na účinek zemětřesení – je uvažováno s určitou mírou akceptovatelného poškození. V zásadě jde o posouzení maximální rotační capacity kritických průřezů při vzniku plastického kloubu [8].

3. LETIŠTĚ JAKO SOUČÁST KRITICKÉ INFRASTRUKTURY

Kritická infrastruktura (critical infrastructure) je v zákoně č. 240/2000 Sb. ve znění pozdějších předpisů (krizový zákon) rozuměna jako prvek kritické infrastruktury nebo systém prvků kritické infrastruktury, narušení jehož funkce by mělo závažný dopad na bezpečnost státu, zabezpečení základních životních potřeb obyvatelstva, zdraví osob nebo ekonomiku státu. Prvkem kritické infrastruktury je zejména stavba, zařízení, prostředek nebo veřejná infrastruktura, které jsou určeny podle průřezových a odvětvových kritérií. V České republice odlišujeme prvky národní kritické infrastruktury a prvky evropské kritické infrastruktury. Ochranou kritické infrastruktury se rozumí aplikace opatření zaměřená na snížení rizika narušení funkce prvku kritické infrastruktury.

Proč je letiště kritickou infrastrukturou? Civilní letiště slouží nejenom k odbavení cestujících, ale také pro potřeby dodávek nezbytného zdravotnického materiálu a jiného nákladu (cargo). V současné době světové pandemie však slouží také pro odbavení repatriačních letů a letů s humanitární pomocí. Každý systém se skládá z různých prvků, vazeb a toků z nichž některé tvoří kritická místa. Při jejich narušení dochází k narušení systému. Jinými slovy, zranitelnost kritického místa významně ovlivňuje zranitelnost celého systému. Kritická místa jsou základní položky nezbytné pro provoz infrastruktur [1].

Kritická místa (vulnerable points) jsou v publikaci [10] definována jako taková místa, jejichž poškození či zničení vedlo k vážnému narušení provozu. Jde o:

- řídicí věž,
- zařízení pro zajištění komunikace,
- radionavigační zařízení,
- elektrické transformátory,
- primární i sekundární zdroje elektrické energie,
- uložení a vedení paliva.

Tato zařízení by měla být chráněna fyzicky a zároveň opatřena systémy pro detekci narušení. V případě, že fyzická ochrana či instalace systémů pro detekci narušení není možná, by kritická místa měla být pravidelně kontrolována pracovníky ostrahy nebo údržby. Vstupy pracovníků by měly být identifikovány na základě platné ID [10].

3.1 Základní legislativa z hlediska bezpečnosti civilního letiště

ICAO (Mezinárodní organizace pro civilní letectví) v souladu s článkem 37 Úmluvy o mezinárodním civilním letectví přijala SARP (standards and recommended practices). SARP jsou minimální požadavky, které vytvářejí úroveň, pod kterou bezpečnost mezinárodního letectví nesmí klesnout. Tyto minimální požadavky jsou uvedeny v Annex 17, které přejal český předpis L 17 – bezpečnost – ochrana mezinárodního civilního letectví před protiprávními činy. Základním cílem bezpečnostních opatření na letišti (zahrnující preventivní i reaktivní opatření), které se týkají ochrany civilního letectví před protiprávními činy je bezpečnost cestujících, posádky letadel, pozemního leteckého personálu a ostatní veřejnosti [11].

Systém ochrany civilního letectví před protiprávními činy vytváří Úřad pro civilní letectví, který rovněž vydává a aktualizuje Národní bezpečnostní program ochrany civilního letectví před protiprávními činy. Tento dokument je vydáván za účelem nastavení systému ochrany civilního letectví před protiprávními činy na národní úrovni, vymezuje odpovědnosti jednotlivých subjektů, vyjasňuje koordinační vazby a podrobněji specifikuje povinná bezpečnostní opatření [11].

4. PŘÍPADOVÁ STUDIE

Případová studie se zabývá problematikou kritické infrastruktury s ohledem na možnou hrozbu teroristického útoku. Analyzovaným prvkem kritické infrastruktury je Letiště Václava Havla v Praze (v dokumentu dále označováno jako letiště Praha). Je množství jevů, které mohou vést k narušení funkčnosti prvku kritické infrastruktury. Případová studie se zaměřuje na dopad teroristického útoku, který vede k narušení kontinuity letiště a případně také ke vzniku požáru v důsledku exploze. Podrobně jsou analyzovány dopady na chráněná aktiva. V poslední části jsou následně určena opatření určená ke snížení rizika spojeného s teroristickým útokem.

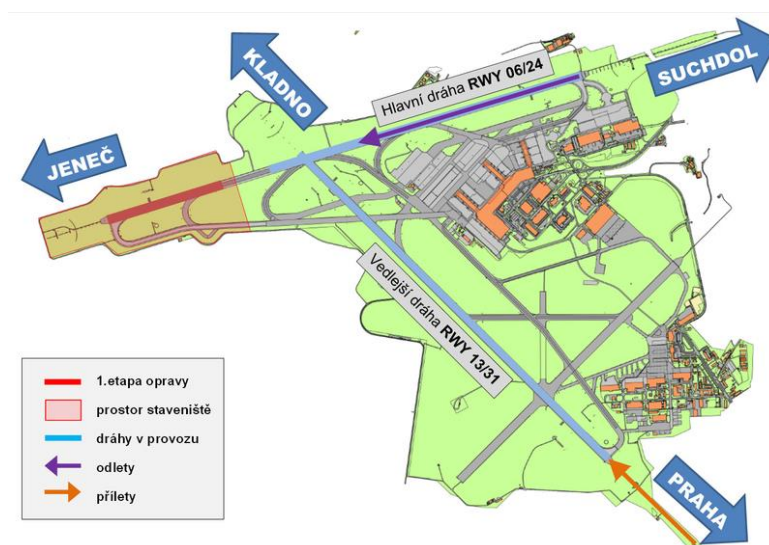
4.1 Letiště Praha

Letiště Praha je orientováno v severozápadní části perimetru Prahy, v městské části Praha-Ruzyně a jeho areál je vyznačen na obrázku 2. Část letiště používaná pro odbavování mezinárodních letů se nachází v severní části areálu letiště, a to Terminál 1 sloužící k odbavení letů mimo Schengenský prostor a Terminál 2 odbavující lety v rámci Schengenského prostoru. Bližší pohled na terminály je zobrazen na obrázku 3 (přiblížení pohledu na terminály zobrazeny oranžovou barvou na obrázku 2).

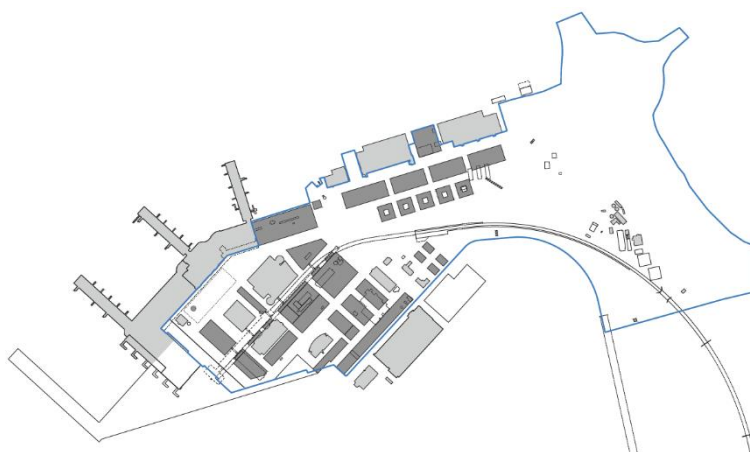
Za pohromu (zdroj rizika) pro letiště se považuje ztráta funkčnosti kritické infrastruktury, přičemž stačí havárie nebo selhání kritického prvku, anebo jeho vysoce důležité součásti [12]. Ztráta funkčnosti může být vyvolána různými jevy. Tyto jevy, které mohou tuto ztrátu vyvolat, se hodnotí, a přijímají se opatření pro jejich odstranění, minimalizaci či zmírnění. Teroristický útok, jako jedna z řady hrozeb může mít nepříznivý vliv na chráněné zájmy letiště i státu. Těmi jsou veřejná aktiva a aktiva samotného technického objektu - letiště Praha.

4.2 Typy protiprávních činů

Publikace [10] uvádí soubor teroristických útoků, které byly provedeny v minulosti a které mohou být použity k vytvoření scénářů a jejich následné analýze.



Obr. 2 Ilustrační plán letiště Václava Havla v Praze s vyznačením směrů blízkých obydlených lokalit, převzato z [19]



Obr. 3 Morfologie objektů na letišti Václava Havla. Převzato z dokumentu Urbanistický koncept – zastavovací plán severní části letiště Praha Ruzyně z r. 2017 [20]

Tab. 1 Uvažované druhy útoků dle [10]

Druh útoků
Ozbrojený útok na osoby na terminálu
Sebevražedný bombový útok v prostoru check-in
Improvizované výbušné zařízení (IED) v zaparkovaném autě
Improvizované výbušné zařízení (IED) ve vozidle, které narazí do terminálu (car-bomb attack)
Útok minometem (~120 mm) na terminál, stojánku, či runway

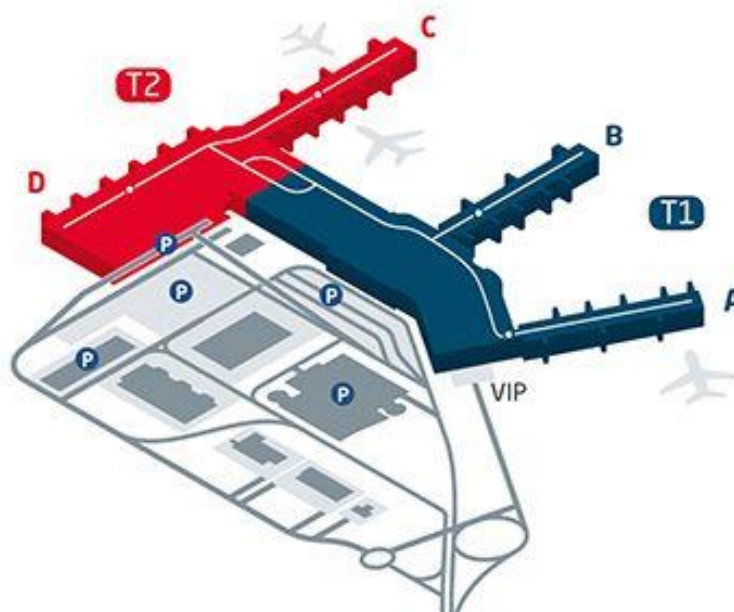
4.3 Posuzovaný scénář

Typ útoku: Pro účely případové studie je posuzován sebevražedný bombový útok v prostorech check-in, který dá vzniknout tlakové vlně. Tlaková vlna ovlivní okolí tzv. primárním účinkem, tedy vlastním uvolněním velkého množství energie a následným sekundárním účinkem, tedy působením fragmentů křehkých materiálů, které byly porušeny tlakovou vlnou. Tato situace může dát vzniku požáru a rozvoji zplodin hoření neslučitelných se životem [10].

Kritické místo: Kritickým místem je obecně chápáno takové místo, které svojí zranitelností přispívá ke zranitelnosti zkoumaného systému (v tomto případě letiště a operací, které zde probíhají). Jsou to tedy takové aspekty, které musí plnit svoji funkčnost za každé situace. Jinými slovy za normálních, abnormálních a kritických podmínek. Prostor check-in může je pro účely analýzy dopadů považován za kritické místo z důvodu kumulace cestujících, pozemního leteckého personálu a ostatní veřejnosti.

Časové určení: Je uvažováno, že jde o typický případ teroristického útoku, jehož účelem je přilákat pozornost veřejnosti a způsobit co největší újmy na veřejných aktivech. Lidské životy, zdraví a bezpečí je jedním z primárních chráněných zájmů. Předpokladem je cílení útoků na vytížené hodiny během dne, kdy dochází ke kumulaci většího počtu jak cestujících tak leteckého pozemního personálu v zóně check-in [14].

Postižené místo je vyznačeno červeně na obrázku 4.



Obr. 4 Vizualizace Terminálu 1 a 2, převzato z [13]

Metodou What, If [15] jsou určeny dopady na chráněná aktiva společnosti a také na chráněná aktiva letiště, které jsou přehledně zobrazeny v Tab. 2.

Tab. 2 Dopady narušení funkčnosti letiště Praha v důsledku teroristického útoku na chráněná aktiva letiště v místě vchodu do terminálu letiště

Chráněná aktiva	Možné dopady protiprávního činu
Životy a zdraví lidí	Ztráty na životech a újmy na zdraví v důsledku přímého útoku – cestující: cestující čekající na odbavení (check-in) v prostoru terminálu, cestující nacházející se v blízkosti terminálu, Posádky letadel: posádky letadel čekající na odbavení (check-in) v prostoru terminálu, posádky letadel nacházející se v blízkosti terminálu, Pozemní letecký personál: personál nacházející se v zóně check-in a jiných doplňkových služeb (směnární, celní subjekty) Ostatní veřejnost: řidiči taxi nacházející se v blízkosti místa útoku, blízcí cestujících v jejich osobních vozidlech.
Bezpečí lidí	Narušení bezpečí u lidí zasažených přímým útokem a nepřímo u lidí nacházejících se v nezasazených částech letiště, v letounech přistávajících, čekajících na odlet případně v procesu odbavování na stojánkách.
Majetek	Poškození konstrukce objektu v přímé návaznosti na působení samotné trhaviny, následného působení požáru v důsledku exploze, či působení projektilů z křehkých materiálů (beton, sklo). Poškození dalších stavebních objektů v blízkosti terminálu – pozemní komunikace, Poškození vnitřního vybavení – zónou sloužící odbavení, screeningu či jiných

Veřejné blaho	<p>bezpečnostních zařízení. Poškození osobních věcí a majetku cestujících. Poškození vozidel veřejné dopravy, taxi, či osobních vozidel nacházejících se v dosahu tlakové vlny či ostrých projektilů.</p> <p>Dopady na pocit bezpečí nejenom přímo ovlivněných osob, ale také lidí ovlivněných nepřímo (zpětně pomocí zpravodajských stanic). Narušení operací probíhajících na letišti a jeho přilehlém okolí (městská veřejná doprava). Možná omezení funkčnosti dalších prvků kritické infrastruktury z důvodu zvýšené ostrahy (například zvýšená ostraha při vstupu do metra v důsledku letištního útoku).</p>
Životní prostředí	<p>Působení produktů exploze a hoření na okolí a to nejenom v perimetru letiště, ale také v okolních zástavbách (například Nebušice). Zničení flory na veřejném prostranství letiště. Ovlivnění fauny v blízkosti útoku – např. ptactvo.</p>
Infrastruktury a technologie	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="201 680 427 703">• Dodávky energií <p data-bbox="523 694 1375 784">Narušení rozvodů elektrické energie uvnitř objektu. Narušení systému vedení elektrické energie mezi jednotlivými objekty v rámci. Kontaminace či narušení rozvodů pitné vody v důsledky porušení potrubí.</p> <li data-bbox="201 761 405 815">• Dodávky vody <li data-bbox="201 792 367 815">• Kanalizace <p data-bbox="523 801 865 860">Narušení odvodu dešťové vody. Narušení kanalizační soustavy.</p> <li data-bbox="201 869 389 891">• Převážná síť <p data-bbox="523 882 1449 1061">Přerušení veškerých operací v civilní části letiště. Přerušení veškerých operací v části letiště pro všeobecné letectví. Přerušení/ovlivnění městské hromadné dopravy z/na letiště. Ovlivnění městské hromadné dopravy v celé Praze v důsledku zvýšení ostrahy Ovlivnění vlakového spojení na trase Praha Veleslavín – letiště Václava Havla – plánované v blízkých letech (více v následující kapitole).</p> <li data-bbox="201 1070 466 1187">• Komunikační a informační sítě <li data-bbox="201 1128 466 1187">• Bankovní a finanční sektor <p data-bbox="523 1079 1449 1258">Narušení CCTV systémů umístěných v blízkosti útoku. Vznik pojistné události pro pojišťovací společnosti – majetek letiště Praha (provozovatele letiště), státních orgánů, cestujících. Pokles poptávky ze strany cestujících z důvodu strachu – přímé ovlivnění aerolinek a nepřímé ovlivnění všech sektorů čerpajícího z turistického ruchu.</p> <li data-bbox="201 1267 421 1290">• Nouzové služby <p data-bbox="523 1281 1449 1491">Velká komplexnost zásahu v blízké době po útoku týkající se života a zdraví lidí – záchrana raněných, zaopatření případných smrtelných případů. Likvidace mimořádné události se zajištění bezpečnosti konstrukce – hašení případného požáru, odklizení trosk (celých konstrukcí či projektilů). Vytíženost Hasičského záchranného sboru Letiště Praha, které slouží k zajištění požární ochrany nejenom pro uzavřený perimetr letiště, ale také pro své nejbližší okolí.</p> <li data-bbox="201 1500 440 1559">• Základní služby v území <p data-bbox="523 1514 1034 1572">Narušení či omezení přijímání/vydávání cargo. Omezení administrativní činnosti v zóně letiště.</p> <li data-bbox="201 1581 405 1639">• Státní správa a samospráva <p data-bbox="523 1594 1449 1796">Nutná záchrana postižených osob samotným útokem. Poskytnutí následné péče (finanční, personální) přeživším a jejich blízkým. Znovu-vytvoření pocitu bezpečí u celého národa viditelným úsilím pro opětovné nastolení alespoň přechodí úrovně bezpečnosti. Možné sdílení nákladů na rekonstrukci poškozených stavebních a jiných objektů – přímo jednorázovou splátkou, ve formě půjčky, či poskytnutí materiálu pro odklizení dopadů a obnovení funkce letiště v co nejkratší době</p>

5. ZOHLEDNĚNÍ VÝBUCHU PŘI NÁVRHU KONSTRUKCÍ

Publikace [10] uvádí opatření pro omezení dopadů primárního a sekundárního efektu výbuchu. *Dopad rázové vlny* může být minimalizován použitím tzv. blast deflectoru, tedy zařízení pro ohyb rázové vlny. Tím dochází k minimalizaci pravděpodobnosti kolapsu konstrukce či minimálně k omezení jeho rozsahu. *Vznik létajících projektilů* zasklení může být minimalizován užitím plastického filmu na zasklení, který redukuje tříštění skla a tím následné působení sekundárních efektů na osoby v objektu.

Dopady exploze a případného požáru lze také zohlednit v návrhu objektu, a to pomocí [10]:

- I. Stavebně-konstrukčního řešení, tedy navrhnout konstrukční prvky a zvolit prostorové řešení tak, aby byly minimalizovány případy úmrtí a škod při útoku výbušninou. Zároveň zajistit odolnost spojení konstrukčních prvků tak, aby odpovídala odolnosti prvků samotných. Při návrhu konstrukcí se určí velikost přetlaku na čele rázové vlny (na základě hmotnosti nálože a odstupové vzdálenosti). S pomocí znalosti velikosti přetlaku a dalších parametrů je stanoveno ekvivalentní statické zatížení konstrukčního prvku, kdy relativní poloha a tvar mají vliv na velikost zatížení na daný prvek. Druhotným zatížením jsou létající projektily, u kterých lze odvodit jejich kinetickou energii a určit ekvivalentní zatížení působící na prvek. Při posouzení odolnosti prvku či systému vůči požáru. Tento přístup počítá s plnou funkčností prvku. V případě, kdy nejdříve dojde k výbuchu, prvek může být poškozen. Míra poškození je dána velikostí a typem nálože a zároveň materiály (jejich typem, rozmístěním aj.) v blízkosti epicentra, u kterých může také dojít k výbuchu či k vznícení a následnému šíření požáru [8].
- II. Materiálového řešení, tedy zvolit materiálové řešení tak, aby odolalo působení účinkům exploze či jiných ozbrojených útoků, omezit použití křehkých materiálů a naopak zvolit materiály pevné, ale pružné a tvárné [10].
- III. Zvýšenou ochranou kritických míst – zajistit zvýšenou úroveň ochrany pro zranitelná místa či místa s vysokým rizikem. Fyzická ochrana prvků a budov by měla být dostatečně robustní, aby odolala účinkům přímého útoku (např. náraz vozidlem do terminálu) a zároveň dostatečně měkká (soft), aby nedošlo ke zranění lidí úlomky skla nebo betonu. Klíčové je použití materiálů odolných proti střelným zbraním a výbuchům, které zároveň splňují požární odolnost a bez toxických zplodin [10].

6. BUDOUCÍ ROZVOJ LETIŠTĚ PRAHA

Jakákoliv analýza hrozeb a rizik, která z nich vyplývají by měla zohledňovat změny systému a jejich procesů v čase. Proto je na místě sledovat koncepční rozvoj sledovaného systému v následujících letech. Koncept dlouhodobého rozvoje letiště Praha je založen na postupném rozvoji následujících oblastí [16]:

1. *Rozvoj leteckých kapacit*, který zahrnuje rozšíření kapacit Terminálu 2 a výstavba nové runwaye – paralelní dráhy. Ta umožní provoz na dvou na sobě nezávislých drahách (ty současně se kříží) a má umožnit uvolnění denních provozních aktivit a tím uzavření letiště v noci.
2. *Rozvoj infrastruktury pro zajištění plynulé dopravy mezi letištěm a centrem Prahy*. Správa železnic v současné době zpracovává záměr železničního spojení hlavního města Prahy s největším městem Středočeského kraje Kladnem (dílní stavby projekty jsou ilustrovány na Obr. 7). V současné době je trať jednokolejná a neelektrifikovaná. Součástí záměru je napojení letiště Václava Havla na zmodernizované železniční spojení. Toto dvoukolejné napojení se před terminály ve vlastním areálu letiště zanoří pod zem. Koncová stanice se bude nacházet v blízkosti terminálů 1 a 2 se dvěma kusými kolejemi ústícími na jediné ostrovní nástupiště. Ostrovní nástupiště bude s oběma terminály spojeno podchody. Záměr připojení letiště na trasu Praha – Kladno je nyní ve fázi přípravy dokumentace pro územní rozhodnutí [17].
3. *Rozvoj investiční příležitosti pro obchodní činnosti*. Dlouhodobým rozvojem letiště je vize Airport City. Tato vize v sobě obsahuje rozvoj civilního letiště nejen z hlediska leteckých kapacit, ale také oblasti služeb poskytovaných cestujícím. Ty v sobě obsahují komerční zázemí, hotel kongresové centrum, muzeum apod.

V současné době dochází ke koordinaci společných záměrů prvních dvou zmíněných projektů. Jde o časovou a technickou souslednost při přípravě i realizaci výstavby tunelu pro koncovou stanici železničního napojení na letišti Václava Havla včetně přilehlých pojezdových ploch [18]; obrázek 5.



Obr. 5 Plánovaná modernizace železničního spojení Prahy a Kladna s napojením letiště na železnici [18]

7. ZÁVĚR

V první části článku jsou shrnuty teoretické poznatky o základním konceptu rizik, způsobu rozvoje požáru (který může nastat jako efekt samotné exploze). Odolnost konstrukce v případě požáru, jako reaktivní způsob ochrany chráněných aktiv. Následně je definován pojem kritické infrastruktury a jejich kritických míst. Pomocí nástroje What, if byla vytvořena přehledná tabulka dopadů teroristického útoku za použití výbušniny. Je uvažováno, že exploze dojde u hlavního vstupu do terminálu odbavující mezinárodní civilní lety na letišti Václava Havla v Praze. Dopady jsou kategorizovány podle chráněného aktiva, na které útok působí. V následující části jsou uvedeny způsoby omezení dopadů exploze. V posledních částí dokumentu jsou uvedeny koncepční vize pro rozvoj letiště v budoucích letech. Při tvoření konceptu bezpečnosti je nutné zohlednit i změny podmínek, ke kterým dochází kvůli probíhajícím procesům v SoS, tedy v systému systémů, kterými kritické infrastruktury jistě jsou.

Literatura

- [1] PROCHÁZKOVÁ, D. *Zásady řízení rizik složitých technologických zařízení*. ISBN: 978-80-01-06180-0, e-ISBN: 978-80-01-06182-4. Praha: ČVUT 2017, 364s. <http://hdl.handle.net/10467/72582>
- [2] PROCHÁZKOVÁ, D., PROCHÁZKA, J. *Analysis, management and trade-off with risks of technical facilities*. ISBN: 978-80-01-06714-7. Praha: ČVUT 2020, 172s.
- [3] GUMBEL, E. J. Statistical theory of extreme values and some practical applications. *Applied Mathematics*. 33 (1954). U.S. Department of Commerce, National Bureau of Standards
- [4] HURLEY, M, ROSENBAUM, E. Performance-based design. In: HURLEY, M. *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*. 5th Edition. Springer New York Heidelberg Dordrecht London, 2016, p. 3493. ISBN 978-1-4939-2564-3
- [5] DRYSDALE, D. *An introduction to fire dynamics*. 3rd Edition. Wiley, 2011. ISBN: 9781119976103.
- [6] CÁBOVÁ, K. a kol.. *Ověřování modelů v požární bezpečnosti*. Praha: ČVUT 2020. ISBN 978-80-01-06616-4, 199s.
- [7] GERNAY, T. et al. Urban infrastructure resilience to fire disaster: An overview. Elsevier. 2016. pp. 1801-1805. doi:10.1016/j.proeng.2016.08.782
- [8] ŠTEFAN, R. a kol. *Metodika hodnocení stavebních konstrukcí z hlediska mimořádného zatížení*. Praha: ČVUT 2020, 70s.
- [9] HADJISOPHOCLEOUS, G., MEHAFFEY, J. Fire scenarios. In: HURLEY, M. *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*. 5th Edition. Springer New York Heidelberg Dordrecht London, 2016, ISBN 978-1-4939-2564-3, 199s.
- [10] INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, DOC 8973 *Aviation security manual*. 10th Edition. ICAO 2017. ISBN 978-92-9258-277-7
- [11] Ministerstvo vnitra České republiky. [online] *Bezpečnost civilního letectví*. Dostupné z: <https://www.mvcr.cz/cthh/clanek/bezpecnost-civilniho-letectvi.aspx>
- [12] PROCHÁZKOVÁ, D. *Bezpečnost kritické infrastruktury*. ISBN 978-80-01-05103-0. Praha: ČVUT 2012, 318 s.

- [13] LETIŠTĚ VÁCLAVA HAVLA V PRAZE. [online] *Fast and Comfortable Transfers at Václav Havel Airport Prague*. Dostupné z: <https://www.prg.aero/en/airport-transfers>
- [14] BLOCK, M. *Applying situational crime prevention to terrorism against airports and aircrafts*. 2016 doi: 10.18297/etd/2479
- [15] PROCHÁZKOVÁ, D. *Metody, nástroje a techniky pro rizikové inženýrství*. ISBN 978-80-01-04842-9. Praha: ČVUT 2011, 369p.
- [16] LETIŠTĚ VÁCLAVA HAVLA V PRAZE. [online] *Dlouhodobá koncepce a strategie rozvoje Letiště Praha*. Dostupné z: <https://www.prg.aero/dlouhodobá-koncepce-strategie-rozvoje-letiste-praha>
- [17] SPRÁVA ŽELEZNIC. [online] *Modernizace a novostavba trati Praha-Veleslavin – Praha-Letiště Václava Havla*. Dostupné z: <https://www.spravazeleznice.cz/zeleznice-na-letiste/useky/modernizace-a-novostavba-trati-praha-veleslavin-praha-letiste-vaclava-havla>
- [18] SPRÁVA ŽELEZNIC. [online] *Další krok k vlaku na letišti: Správa železnic a Letiště Praha koordinují společně záměry*. Dostupné z: <https://www.spravazeleznice.cz/-/dalsi-krok-k-vlak-u-na-letiste-sprava-zeleznice-a-letiste-praha-koordinuji-spolecne-zamery>
- [19] NOVINKY.CZ. [online] *Hlavní dráha pražského letiště dostane nový kabát*. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/ekonomika/clanek/hlavni-draha-prazskeho-letiste-dostane-novy-kabat-145629>
- [20] ARCHIWEB.CZ. [online] *Zastavovací plán Letiště Praha*. Dostupné z: <https://www.archiweb.cz/b/zastavovaci-plan-letiste-praha>
- [21] DENIK.CZ. [online] *Výstavba paralelní dráhy na Letišti Václava Havla v Praze narazila na komplikace*. Dostupné z: <https://www.denik.cz/regiony/letiste-ranvej-covid19-uzemni-plan-rozsireni.html>

Recenzoval

Jana Victoria Martincová Ing. Ph.D., ÚSI VUT v Brně, odborný pracovník, Purkyňova 464/118, Brno, tel.: 541 148 936, jan.victoria.martincova@usi.vutbr.cz

GENTRIFIKACE

GENTRIFICATION

Ing. Sofie Pokorná¹

Abstrakt

Gentrifikace je socio-kulturně-ekonomickou transformací deprivované oblasti v centrální části města. Jedná se o proces, kdy přicházejí do oblasti tzv. pionýři, kteří čtvrť pozvednou z pohledu kulturního. V oblasti začínou vznikat nové podniky, začne se o lokalitě veřejně mluvit a tato pozornost přitáhne nové obyvatele tzv. gentrifikanty. Lokalita je měněna z pohledu sociálního. Se zvýšenou poptávkou po bydlení se začínou zvedat ceny nájmu a nemovitostí v oblasti. Dochází k ekonomické transformaci. O tom proč gentrifikace vzniká mluví hlavní dvě teorie: teorie výrobní strany a teorie spotřební strany. Přičemž její iniciátoři mohou být jak ze soukromé sféry, tak ze sféry státní.

Průběh gentrifikace je u většiny lokalit velmi podobný. Rozdělení do jednotlivých stádií provedl v roce 1979 Philip L. Clay a tento model je využíván dodnes. Gentrifikace je z pohledu hodnocení velmi složitý jev, jelikož i přes velká, na první pohled znatelná, pozitiva s sebou nese negativní dopady.

Abstract

Gentrification is a socio-cultural-economic transformation of a deprived area in the central part of the city. It is a process when so-called pioneers come to the area and raise the district from a cultural point of view. New businesses start to emerge in the area, the locality is discussed publicly and this attention attracts new residents, so-called gentrifiers. The location is changing from a social point of view. With the increased demand for housing, rental and real estate prices in the area will begin to rise. There is an economic transformation. This is why the main two theories speak of why gentrification arises: the theory of the production side and the theory of the consumer side. Its initiators can be both from the private sphere and from the state sphere.

The course of gentrification is very similar in most localities. The division into individual stages was realized in 1979 by Philip L. Clay and this model is still used today. Gentrification is a very complex phenomenon from the point of view of evaluation, because despite the large, at first glance noticeable, positives have negative effects.

Klíčová slova

Gentrifikace, teorie výrobní a spotřební strany, pionýři, gentrifikanti, čtyřfázový model gentrifikace, dopady gentrifikace.

Keywords

Gentrification, production and consumption side theory, pioneers, gentrifiers, four-phase model of gentrification, effects of gentrification

1. POJEM GENTRIFIKACE

Slovo gentrifikace (anglicky gentrification) poprvé použila anglická socioložka Ruth Glass v roce 1964 ve své studii, která se týkala sociální proměny v původně industriální čtvrti Londýna (konkrétně Islington). V této studii bylo zachyceno stěhování nižší šlechty v průběhu 60. let 19. století z venkovských oblastí a periférií města do centra Londýna a postupné, ale masivní vyloučení původní dělnické třídy, jako reakce na ekonomický nátlak nově příchozích obyvatel. [1] Slovo vychází z anglického slova "gentry", což by se dalo přeložit jako venkovská nebo nižší šlechta.

A o co konkrétně se tedy jedná? Jde o socio-kulturně-ekonomickou transformaci původně chudé čtvrti města ve čtvrť lukrativní a drahou. V rámci tohoto jevu se postupně obměňuje obyvatelstvo čtvrti či dělnické kolonie, vznikají nové služby a obchody, opravují a přestavují se nemovitosti a jejich hodnota v průběhu procesu stoupá. Zejména zvyšování cen nájmu a nemovitostí má za následek vytlačování původního obyvatelstva a nahrazování lidmi z vyšších společenských vrstev. Postižení vlivem gentrifikace jsou tedy jednoznačně lidé s omezeným ekonomickým příjmem. Jedná se především o chudé, migranty a starší občany v důchodovém věku. [36]

¹ Sofie Pokorná Ing., Ústav soudního inženýrství, Purkyňova 118, Brno, sofie.pokorna@usi.vutbr.cz

Gentrifikaci je potřeba chápat, jako proces, nikoli jako finální stádium. Jde o proces, který se odvíjí po jednotlivých vlnách. Tyto stádia nemají jasné hranice a nelze vyhledat ani konec celkového jevu. Jde o sociologický jev, který můžeme sledovat a do jisté míry ovlivňovat, nemůžeme ale očekávat jeho vyvrcholení a ukončení. [2]



Obr. 1 Příklad bývalé dělnické kolonie v současnosti gentrifikované čtvrti: Kamenná čtvrť. Zdroj: vlastní

1.1 Teorie vzniku gentrifikace

Narozdíl od nejasného konce gentrifikace jsou jasně patrné začátky a první příchody tzv. gentrifikantů. V současnosti existují dvě hlavní teorie vzniku gentrifikace. Tou první je teorie výrobní strany (“production side theory”). Tou druhou, zcela kontrastní teorií, je teorie spotřební strany (“consumption side theory”).

1.1.1. Teorie výrobní strany = production side theory

Jedná se především o ekonomickou teorii, která vznik gentrifikace vysvětluje jako následek nerovnoměrných investic do určitých částí města, využití pozemků a jejich zhodnocování. Vzniká tak příležitost k zisku v případě investice kapitálu. V reálné praxi jde o renovaci bytového fondu a jeho následné nabídky na trhu, proto některé zdroje užívají označení “teorie nabídková”. Dalo by se shrnout, že prvotním důvodem ke gentrifikaci je nedostatečné ekonomické využití potenciálu uvažované oblasti, identifikace tohoto nedostatku a následný přísun kapitálu. [4]

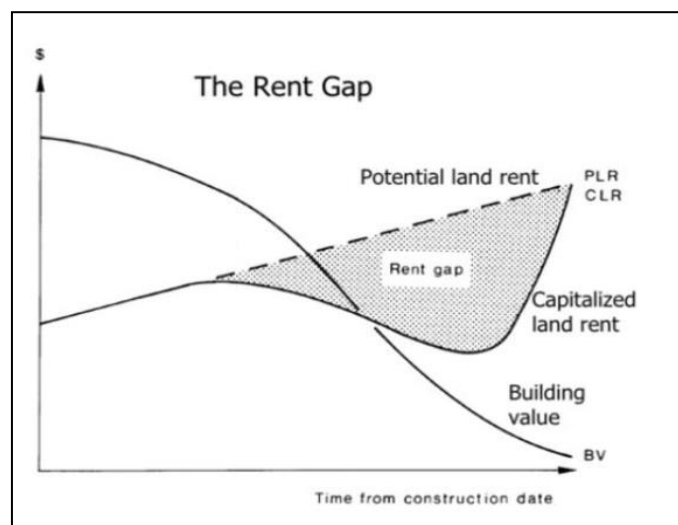
Dle Chrisse Hamnetta jsou klíčovými aktéry a spouštějícími mechanismy zejména developéři, finanční instituce a orgány veřejné správy. [4]

Nejvýznamějším zastáncem teorie výrobní strany je skotský geograf Neil Smith, který došel s teorií “Rent gap” tedy teorií *mezery nájmného*. Tato teorie je definována jako rozdíl mezi potenciální hodnotou a rentou pozemku při jeho nejlepšímu využití a současné hodnoty a renty pozemku. Hodnota pozemku je v této teorii oddělena od stavby na něm postavené. Dle Smitha je zástvaba na pozemcích výsledkem historických rozdílů, kdežto v současnosti jsou podstatné rozdíly momentální. Hodnotu pozemku tedy neurčuje to, co na něm stojí, ale to co by na něm mohlo stát a o kolik by hodnota pozemku stoupla. Z toho pramení jeho domněnka, že tato mezera mezi nájmy je primárním důvodem pro spouštění gentrifikace. Mezi mezerou nájmu a pravděpodobností spuštění tohoto procesu panuje přímá úměra, protože developéři rozdíl nájmu vnímají jako příležitost k zisku. [3]

Developéři se stávají iniciátory tehdy, umožňuje-li mezera nájmu levně nakoupit nemovitost, zaplatit náklady za přestavbu, splatit půjčku a takto zhodnocenou nemovitost prodat za cenu, která přináší zisk. [5] Vlášda na státní, regionální či místní úrovni může prostřednictvím investic být dalším iniciátorem pro start gentrifikace. [6]

Smithova teorie “rent gap” je kritizována hlavně za subjektivní definování nejlepšího využití pozemku a také proto, že v ní nejsou brány v úvahu další procesy probíhající v dané oblasti. Mimo to nedokáže vysvětlit fakt, proč se někteří gentrifikanti do zrenovovaných čtvrtí centrálních měst stěhují na rozdíl od jiných. [4]

V 90. letech se objevila modifikace “rent gap” tzv. “value gap”. Měří se jako rozdíl mezi cenou zobchodované nemovitosti a násobkem ročního příjmu z jejího pronájmu. Value gap byla definována pro evropské podmínky a zvyklosti. [11]



Obr. 2 The Rent Gap. Zdroj: Clark E. 2010

1.1.1 Teorie spotřební strany = consumption side theory

Kontrastní teorií je teorie spotřební strany (“Consumption side theory”), která hlavní důvod pro odstartování gentrifikace spatřuje zejména v lidech samotných, kteří jsou tzv. novou střední třídou. Nová střední třída má odlišné zájmy, rezidenční a kulturní preference a liší se i demografickými charakteristikami a pracovními pozicemi v terciálním sektoru (sektoru služeb). Jednou z podstatných charakteristik členů této společenské třídy je preference městského prostředí. Teorie spotřební strany tedy vysvětluje spouštěč gentrifikace jako tok lidí spíše než kapitálu díky demografickým změnám a změně životního stylu. Jak píše Alon Levy: “Teorie spotřební strany tvrdí, že je proces gentrifikace způsoben zalíbením střední třídy v městské občanské vybavenosti a pohodlí.” [7] Vzhledem k faktu, že spotřební strana poptává nabídku bydlení v určitých částech měst bývá tato teorie označována i jako “teorie poptávková”.

David Ley v roce 1986 vytyčil čtyři hlavní důvody pro gentrifikaci ve městech. Bere v nich v úvahu zejména sociologické a demografické faktory [8]:

- **Demografické změny** – zvýšené množství domácností hledajících bydlení kvůli poválečnému baby-boomu, zmenšující se velikost domácností, zvyšující se procento svobodných lidí žijících o samotě a zvyšující se rozvodovost.
- **Hodnota městského prostředí** – zvýšení preferencí jedinců pro život ve velkoměstech zejména kvůli dostupnosti rekreačních a kulturních aktivit, možnost kontaktu s množstvím odlišných lidí, lepší pracovní příležitosti, vyšší platy.
- **Základ ekonomiky** - ekonomika orientovaná na terciální sektor je sdružována v centrech měst, kde má také nejvyšší koncentraci.
- **Dynamický trh s nemovitostmi** – zvyšují se ceny nemovitostí na předměstích velkoměst a zvyšuje se úroková míra, což vede k problémům dostupnosti bydlení. Z tohoto důvodu se lidé obrací k možnosti bydlení v menším bytě v centru města nebo k renovovaným starým bytům na okrajích měst (obě tyto možnosti mají za následek zvyšování počtu obyvatel ve městech).

1.1.2 Propojení teorií

Chris Hamnett v roce 1991 tyto dva přístupy propojil. Ve své práci uvedl, že existence devalvovaných pozemků vhodných k renovaci a poptávka nové střední třídy po bydlení v centrech měst jsou obě důležitým faktorem pro vznik gentrifikace. Zjednodušeně by se dalo říct, že pro uspokojení poptávky po bydlení je potřebná adekvátní nabídka. [4]

Propojení obou teorií později uznal například i David Ley a Tom Slater k tomu dodává, že není důležité, jestli je považována spotřeba či výroba za podstatnější při vzniku gentrifikace, pokud není ani jedna z těchto teorií ignorována. [9, 10] Pro pochopení tohoto jevu je tedy důležité propojení několika oborů a pochopení problematiky z více úhlů, které nám právě jednotlivé obory nabízejí.

2. PRŮBĚH GENTRIFIKACE

2.1 Vznik gentrifikace

2.1.1 Pionýři a první gentrifikanti

K uvedení gentrifikačního procesu do chodu je potřeba prvních “odvážlivců”, kteří jsou ochotni se do neopravených čtvrtí se špatným jménem nastěhovat. Klasickými průkopníky jsou bezdětné páry, svobodné matky, umělci či studenti. Na tomto výčtu je vidět, že se v první fázi nejedná o bohatou společenskou vrstvu, ale o obyvatele, kteří jsou spíše takovými prostředníky mezi minulostí a budoucností gentrifikované městské čtvrti. Tito první průkopníci gentrifikace, tzv. pionýři, pozměňují od začátku sociální charakter a s tím související vnímání čtvrti veřejností.

Pro pionýři je typický nízký příjem domácnosti, flexibilní práce umožňující volný čas pro práci na nemovitosti, věk mezi 18 a 35 lety, velikost domácnosti do 6 osob a ukončené středoškolské vzdělání. [12] Typickou skupinou pionýrů jsou umělci, kteří mají čas a náměty na renovaci čtvrti. Ve chvíli, kdy se v lokalitě utvoří i malá umělecká komunita, začíná se oblast pomalu proměňovat. Postupně ve čtvrti vznikají ateliéry, galerie a společenské a kulturní prostory. [8] Vysoká hustota těchto institucí v jednom místě je pak označována jako kulturní čtvrť. Vysoké procento jedinců pracujících v umělecké sféře následně zvyšuje míru gentrifikace tím, že rozmanitější kulturní vyžití je atraktivní pro příchod nových obyvatel tzv. gentrifikantů. [13] Dalšími pionýry bývají lidé z tzv. okrajových skupin “marginal gentrifiers”. [14] Takový příklad uvádí Michael Bounds v knize *Urban Social Theory: “V jedné ze sledovaných čtvrtí Sydney se jako noví gentrifikanti sdružují například lidé z místní feministické separatistické skupiny, v jiné zase komunita LGBTQ.”* [15]

Gentifikanti nebo také “new gentry” se vyznačují vysokým příjmem domácnosti, nízkým věkem, žijí sami či v páru, jsou často bezdětní případně mají jedno dítě a jsou vysokoškolsky vzdělání. [12] Je tedy patrné, že se jedná o jedince s vyšší kupní silou, kteří si v dané lokalitě pořizují bydlení. Zároveň mají jiné požadavky na životní prostředí, rezidenční a kulturní preference a odlišný životní styl. Jedná se o tzv. novou střední třídu, která se v západních zemích začala formovat již v 70. letech 20. století se snižujícím se významem průmyslového odvětví a poklesem dělnických profesí. Naopak stoupl ekonomický význam terciálního sektoru a poptávka po profesionálech pracujících právě ve službách. Vzhledem k potřebné specializaci jednotlivců, jsou tito lidé nadstandartně finančně ohodnoceni. Po revoluci v roce 1989 začala i česká ekonomika přecházet na tržní hospodářství, a tak se začala nová střední třída formovat i u nás. Patrně i s touto větší finanční nezávislostí se nesla změna ve společenských zvyklostech, jako je reprodukční chování, klesající tendence sňatků, zvyšující se rozvodovost, vstup do manželství v pozdějším věku, nižší počet dětí v domácnosti nebo zvyšující se počet dobrovolně bezdětných párů. [12] Můžeme se setkat s označením Yuppies (“young urban professionals” česky *mladí měští profesionálové*), případně také DINKS (“double income no kids” česky *dva příjmy, žádné dítě*). [12] Pro tuto skupinu lidí je důležitá zajímavost a rozmanitost místa bydlení a dle některých autorů (např. Chrise Hamnetta či Davida Leye) preferují bydlení v zajímavých a módních lokalitách, protože to upevňuje jejich status ve společnosti. [4, 9] Z předchozího textu je patrné to na co upozornil i Alexander Seifert, že většina gentrifikovaných čtvrtí je znatelně omlazena a kromě nižší společenské třídy se do nepříznivého procesu vysídlování ze sousedství dostávají i staří lidé s fixními důchody. [36]

Tab. 1 Porovnání charakteristik pionýrů a gentrifikantů. [12]

Znaky	Pionýři	Gentifikanti
Příjem na domácnost	Nízký	Vysoký
Věk	18-35 let	18-49 let
Velikost domácnosti	Do 6 osob	1-2 dospělí, max. 1 dítě
Ukončené vzdělání	Středoškolské	Vysokoškolské

2.1.2 Motivace

Motivací k osídlování deprivovaných lokalit dochází hned z několika důvodů. Může to být nízká cena nemovitosti, poloha blízko centra města nebo třeba osobitost čtvrti tzv. *genius loci*.

Soukromá iniciativa

Jde o iniciativu pocházející od občanů. Řadí se sem především kulturní gentrifikace, gay gentrifikace a turistická gentrifikace.

Nízké nájmy, nízké ceny nemovitostí a autentičnost čtvrti láká především umělecky založené pionýry. Tito lidé zároveň nejsou vázání pravidly pro život a tvorbu v takovéto lokalitě. S tím souvisí kulturní identita místa, která se

může stát zároveň inspirací. [4] Takto je započata kulturní gentrifikace. Sharon Zukin ve svých dílech uvádí myšlenku, že z hlediska přitažlivosti lokality nejde o samotnou přítomnost umělců, ale o umělci vytvořený společenský prostor, který umožňuje sociální interakci mezi podnikatelskými elitami. Tento prostor nejprve přitahuje veřejnost, jako návštěvníky a posléze jako rezidenty. Zároveň přítomnost jednotlivých podniků signalizuje bezpečnost prostředí pro další investice. [16, 17] Antónia Casellas tvrdí, že je kultura pro gentrifikanty klíčovým faktorem v jejich náhledu na kvalitu života a jednou z charakteristik jimi preferovaného městského prostoru. [18] Trochu jiný názor zastává Richard Lloyd, který na základě svého výzkumu prohlašuje, že jsou gentrifikanti přitahováni bohémskou reputací čtvrti a umělců v ní žijících. [18]

Velmi blízko ke kulturní gentrifikaci má tzv. gay gentrifikace. Funguje na principu přílivu větší skupiny homosexuálů do zanedbané čtvrti a následné transformace čtvrti těmito novými obyvateli. [19] V loklité vzniknou nové podniky, restaurace, kluby apod. Tato čtvrť pak získává punc uvolněné a tolerantní oblasti, což láká i mnoho heterosexuálů a gentrifikace je v plném proudu. Tento typ gentrifikace není pro ČR běžný, v zahraničí se s ním ale setkáváme poměrně často. Příkladem může být oblast mezi Dalstonem a Stoke Newingtonem v Londýně, Paddington v Sydney nebo Castro District v San Franciscu.

Poloha blízkosti centra v kombinaci s nízkými nájmy bývá velkým důvodem k přestěhování pro svobodné matky, které se snaží uspořít čas na cestě mezi domovem, prací a školou/školou. Podobným lákadlem jsou tyto faktory pro mladé páry, kteří v blízké době neplánují rodinu, a tak jim případná vyšší kriminalita nepřipadá ohrožující. Všichni tyto lidé mají tendence do chudých či industriálních čtvrtí zapadnout a ve svém volném čase se zasazovat o zlepšení životního prostředí v lokalitě.

V případě turistické gentrifikace je situace trochu jiná než u předešlých typů. Obliba čtvrti města turisty vede ke zvyšování atraktivity oblasti z pohledu investičních příležitostí, avšak turisté nezvelebují danou lokalitu. O toto zvelebení se snaží podnikatelé. I když turisté v lokalitě nezůstávají dlouhodobě, přetváří charakter lokality a to vede k odsunu původního obyvatelstva. S přílivem cestovního ruchu se v lokalitě zvedají ceny služeb i nájmu. Takovýto tlak může zcela zničit původní kouzlo čtvrti, díky němuž se turistický ruch v oblasti objevil. [20] Augustin Cocola Gant určil tři druhy vysídlování. Kdy rezidenční a obchodní vysídlování jsou spojeny právě se zvyšováním cen nájmu a nemovitostí. "Place-based" volně přeloženo *zakládání si na místě* reflektuje ztrátu původního charakteru lokality, v níž původní obyvatelé žili a byli s ní ztotožnění. Tato ztráta sounáležitosti a odcizení je častým důvodem k jejich vystěhování z "turistifikovaných" oblastí. Kromě toho mnoho respondentů uvedlo jako důvod k vystěhování velký hluk. [21] Tento proces postihl čtvrti velkých českých měst a několik dokonce celých měst. Takovým příkladem může být Český Krumlov nebo Štamberk.

Státními investicemi

Státní investice mohou často zapříčinit start gentrifikace např. výstavbou nové dopravní infrastruktury do původně špatně dostupných oblastí města, výstavbou nových vzdělávacích komplexů jako jsou kampusy, revitalizací zelených ploch a veřejných prostor jako jsou parky a náměstí. Pro podnikatele se území, do něž začne stát investovat, automaticky stává bezpečným pro jejich další investice. Stát dává najevo, že je oblast pro město důležitá a bude se dále podílet na jeho rozvoji. [10] Tom Slater se k tématu vyjadřuje takto: *"Drtivá většina literatury o gentrifikaci se zaměřila na soukromé aktéry a kapitál. Veřejný sektor však také hraje důležitou roli v transformaci sousedství. Vláda má silný vliv na zlepšování sousedství ve formě investic do veřejné infrastruktury jako je železniční doprava, školy, parky a dálnice, i například ve formě investic do veřejných sousedských organizací. Kromě bytové politiky mají tyto investice velký potenciál významně pozvednout fyzické a sociální prostředí nízkopříjmových čtvrtí. Tato tvrzení přesunula vládní rozhodnutí a politiku do centra dlouhotrvajících debat, které poukazují na fakt, že státní politiky a rozhodnutí mohou vytvářet státně-sponzorovanou gentrifikaci."* [10]

Enviromentální gentrifikace vzniká výstavbou či revitalizací zelených ploch ve městech. Důsledkem je komplexní zatraktivnění okolí parku pro různé skupiny návštěvníků. Tato iniciativa bývá často spojena s rekonstrukcemi náměstí, posezení či budováním pěších a cyklistických stezek. Dalším enviromentálním iniciátorem gentrifikace může být zkvalitnění ovzduší ve čtvrti, která byla dříve industriální nebo byla ovlivněna blízkostí dopravní tepny a její ovzduší bylo nekvalitní. [22] Průzkum Sigrida Ehrmanna dělaný na předměstích Sydney udává, že v oblastech, kde je o 10% vyšší hustota stromů než ve zbylých oblastech, se zvyšuje hodnota nemovitostí v průměru o 50 000 australských dolarů. [22]

Dopravně indukovaná gentrifikace neboli "transit-induced gentrification" je zapříčiněna zlepšením dostupnosti oblasti. Což samo o sobě vede k větší atraktivitě. Může se však stát i katalyzátorem pro celkovou obnovu a přilákáním nových investorů do lokality. To následně může přivést i rezidenty, pro které dopravní dostupnost nebyla původní motivací k přistěhování. [17] Veřejná doprava často vede ke zvýšení cen nemovitostí v její blízkosti z důvodů její snazší dostupnosti. Mimo to vede k velkému nárůstu produkce bydlení, ke zvyšování příjmů domácností a následnému úpadku používání této hromadné dopravy na úkor využívání automobilů. [23] Avšak nová střední třída stále častěji uvádí preferování veřejné dopravy nad automobilovou a přístup k ní jako preferenci k výběru bydlení. To má mnoho pozitiv, avšak negativum pro původní obyvatele, kterým se rapidně zvedají nájem. Richard Florida pak zdůrazňuje, že problémem není nová výstavba veřejné dopravy, ale naopak její nedostatek. [24]

Poloha v blízkosti vzdělávacích ústavů jako jsou university dávají vzniknout tzv. studentské gentifikaci, kdy uspořené čas oceňují právě studenti. Ti jsou zároveň ochotni platit vyšší nájemné a přitom žít v horších podmínkách, vzhledem k dočasnosti jejich pobytu. [25] Akademické instituce navíc přitahují kreativní třídu do oblasti a vytvářejí tržní poptávku a politický nátlak kvůli veřejnému vybavení, školám a podobným službám. To všechno obsahuje spoustu pozitiv, avšak to má zároveň prohlubující tendence v nerovnostech sousedství. [24]

Vlastní gentifikace = "self gentification"

Jde o typ gentifikace, kdy starousedlíci sami zvelebí původně zanedbanou čtvrť. Tento proces je pozvolný a pomalý. Často se tak děje s generací vyrůstající v lokalitě, která dosáhne vyššího vzdělání a tím vyššího platového ohodnocení. [26]

2.2 Jednotlivé fáze gentifikace

Posloupnost procesu gentifikace je logická a poměrně jednoduchá. Do deprivované lokality se nastěhují, většinou na sobě nezávislí, první pionýři a na své náklady renovují nemovitost pro svoji potřebu a později i její blízké okolí. Tato fáze přináší především kulturní změnu, jelikož noví rezidenti nemají problém mezi starousedlíky zapadnout a hodnota nemovitostí se zatím nezvyšuje. Tuto změnu ale zaznamenávají první gentifikanti a opět objevenou čtvrť začnou pomalu osidlovat, což již přináší výraznou sociální proměnu. Na tuto změnu reagují již developéři a podnikatelé, kteří do lokality začnou investovat s požadavkem zisku. Postupně se začnou zvyšovat ceny nemovitostí, nájmu a služeb ve čtvrti. Zde se již dostáváme k ekonomické proměně a trio socio-kulturně-ekonomická transformace lokality je kompletní.

Tím, ale proces gentifikace nemusí být u konce. Může dojít ke zhodnocování nemovitostí dalšími investicemi a další renovace lokality mohou vést až k její homogenizaci. Postupně se z běžné městské části stane čtvrť pouze pro bohatou společenskou třídu. Tyto změny pak vedou k narušení původního *genia loci* a porušení různorodosti destinace. Čtvrť se pak stává postupně uniformní a nezajímavou. Například Loretta Lees zavedla pojem super-gentifikace, což je transformace již gentifikované čtvrti. Na tuto čtvrť po období klasické gentifikace dopadá vliv globálního kapitálu a s ním dochází k dalším sociálním i fyzickým proměnám. Noví obyvatelé lokality mají vyšší příjmy, jsou mobilní, a mohou pracovat kdekoli na světě. Jedná se o příslušníky vyšší třídy s vysokými nároky na životní úroveň a luxus. Tomu developéři přizpůsobují celou čtvrť. [34]

2.3 Přístup Philipa L. Claye

Philip L. Clay v 70. letech 20. století definoval jednotlivá stádia vycházející z výzkumu Timothyho Pattenema v Bostnu. [27] Toto rozdělení je užíváno dodnes.

- 1. Stádium: Popisuje příchod malé a nerizikové skupiny, tedy pionýrů, do dělnické či deprivované lokality centrálního města. Tito pionýři zde nakoupí nemovitosti, vlastními silami je zrenovují pro své potřeby. V této fázi neprobíhá výrazné vysídlování původních obyvatel, jelikož čtvrť disponuje volnými nemovitostmi. Oblast je vnímána jako riziková a z tohoto důvodu do čtvrti investoři ani podnikatelé neinvestují. [27]
- 2. Stádium: Pověst čtvrti se v očích veřejnosti zlepšuje a do lokality se začnou stěhovat první gentifikanti. Jejich počet je vyšší než prvních pionýrů, ale způsobem smýšlení jsou pionýřům podobní. Nově příchozí ještě mohou najít volné nemovitosti v lokalitě. Do procesu se začínají zapojovat realitní kanceláře a začínají odkupovat zbylé volné nemovitosti za účelem jejich budoucího prodeje či pronájmu. V návaznosti na vyšší využití nemovitostí začínají pomalu růst nájemy. V této fázi si oblast začínají všimnout developéři. Ti jsou však stále ještě opatrní ve svých investicích. O čtvrť se začínají zajímat média, píšou se o ní články a točí reportáže. [27]
- 3. Stádium: Tomuto stádiu se také říká adolescentní fáze a lokalita je v tomto období již oblíbená širokou veřejností a široká veřejnost se do čtvrti stěhuje. Všeobecně se čtvrť považuje za relativně bezpečnou pro investice a v této návaznosti do oblasti investují i developéři. To jde vidět i na venek a lokalita se fyzicky znatelně zlepšuje. Ceny nemovitostí začnou dramaticky růst. Pionýři se pomalu stávají minoritní skupinou. Investoři vlastníci v lokalitě byty je začínají nabízet střední třídě a ta bydlení následně doporučuje svým známým a rodině ze stejné společenské třídy. Gentifikanti se spojují do sdružení a tyto sdružení následně vyvíjí nátlak na politické složky města a snaží se tak na proměnu čtvrti získat veřejné finance. Když se toto úsilí začne dařit, vzniká napětí mezi novou střední třídou a pionýry. Proces vysídlování starousedlíků je na maximu. [27]
- 4. Stádium: Nazývá se také "mature gentification" tedy *vyspělá gentifikace*. Lokalita je chápána jako zcela bezpečná, módní a jako skvělá investice. Všechny procesy, které v předešlé fázi byly na počátku, jsou teď v plném proudu. Do oblasti je stále velký přísun nových obyvatel ze střední a vyšší třídy. Developéři a jiní investoři vnímají lokalitu jako bezpečnou a lukrativní investici a začínají zde zakládat specializované obchody a služby. K uspokojení poptávky po bydlení jsou nebytové prostory

přestavovány na bytové domy. Na trhu se objevují všechny dostupné nemovitosti, které byly v předchozí fázi skupovány za účelem zisku. Procesem začnou být determinovány i okolní čtvrti, aby byla uspokojena poptávka po bydlení. Do těchto čtvrtí se zároveň stěhují původní obyvatelé gentrifikované oblasti. V tomto stádiu dochází k eskalaci vysídlování původních obyvatel a pionýrů, jelikož se cena nemovitostí a nájmu v oblasti drasticky zvyšuje. [27]

2.4 Ostatní přístupy

Po Calyově rozdělení procesu gentrifikace přišli se svými modely i další autoři. Jedním takovým byla práce Schilla a Nathana. Jedná se o třífázový model. Třífázový byl například i model Caulfielda z roku 1994. Všechny tyto modely jsou si ale velmi podobné. [29] Klára Jindrová o nich ve své práci píše: „*De facto Shill a Nathan i Caulfield pouze vypustili jednu fázi, resp. spojili Clayovy první dvě stadia dohromady. Shillův a Nathanův model se ještě liší zejména v tom, že v poslední fázi uvádí jako příchozí rezidenty rodiny s dětmi, čímž se poněkud vymyká tradičnímu pojetí gentrifikace.*“ [28]

3. PROJEVY GENTRIFIKACE

Vzhledem k renovaci gentrifikované oblasti, byla dříve gentrifikace vnímána čistě pozitivně. Dnes, když se v několika západních městech, včetně evroských, vedou kampaně a demonstrace proti gentrifikaci, přešlo vnímání tohoto procesu do spíše negativní roviny. [33] Problém je spojován s nuceným vysídlováním původního obyvatelstva. V České republice je gentrifikace patrná sice v několika městech, její dopady však jsou živě veřejně diskutovány a rozebírány jen málo. To lze přisoudit socialistické minulosti a pozdějšímu přechodu na tržní ekonomiku. Toto téma se však bude i u nás otevírat čím dál častěji a je podstatné si uvědomit, že každý pozitivní dopad s sebou může nést negativa.

Například renovace jednotlivých starých budov může vést až ke ztrátě autentičnosti oblasti. [30] Státní investice do lokality jsou také jednoznačně pozitivním jevem, avšak konkrétní investice se přizpůsobují sociodemografickému složení sousedství, které prochází velkou transformací. Vzhledem k schopnosti gentrifikantů jednat s úřady a jejich společenské převaze, vedou investice k uspokojování potřeb nových obyvatel a nikoli těch původních. [31] Dalším takovým případem je sociální zpestření čtvrti a prokázané snížení kriminality. V deprivovaných lokalitách často bydlí národnostní a rasové menšiny. To se s přílivem nových obyvatel mění a čtvrť je více heterogenní a s vyšší přítomností tzv. očí na ulici i bezpečnější. [32] Snížení kriminality má původ i v rekultivaci městského prostředí ve čtvrti. Jiní autoři se domnívají, že heterogenita je buď jen dočasná nebo že ve čtvrti může vznikat nová sociální hierarchie. V této hierarchii se původní obyvatelé ocitají na spodních pozicích a dobré vztahy mezi starousedlíky a gentrifikanty jsou zprětrhány. [35]

Dalším takovým případem jsou vyšší tržby pro lokální obchody. Toto zlepšení je dočasné a postupně jsou tyto podniky vyměňovány supermarkety či franšízami velkých společností. To nepopíratelně bere čtvrti původní charakter a kouzlo, čtvrť se postupně stává identickou s dalšími lokalitami ve městě. [30]

3.1 Pozitivní dopady gentrifikace

- Renovace a rozvoj lokality
- Stabilizace upadající lokality
- Motivace k renovaci nemovitostí současných vlastníků
- Renovace lokality státními a soukromými investicemi
- Růst hodnot nemovitostí v lokalitě
- Společenská různorodost v lokalitě
- Zaplnění neobsazených bytových jednotek v lokalitě
- Vyšší kupní síla spotřebitelů v lokálních podnicích
- Snížení kriminality
- Vyšší daňové příjmy v lokalitě
- Vznik nových pracovních pozic a míst

3.2 Negativní dopady gentrifikace

- Vysídlování původních obyvatel v důsledku zvýšení nájmu a cen služeb v lokalitě
- Pokles politické participace
- Nedostatek nabídky dostupného bydlení
- Zvýšená poptávka po bydlení v okolních lokalitách

- Konflikt mezi starousedlíky a gentrifikanty
- Sociální homogenizace – vznik tzv. bohatých ghett
- Obchodní a výrobní vysídlování
- Zvýšená cena lokálních služeb a obchodů
- Neudržitelný růst cen nemovitostí
- Nepříznivé psychologické dopady na vysídlené obyvatelstvo vedoucí až k jejich případnému bezdomovectví

4. EKONOMICKÝ POHLED NA PROCES GENTRIFIKACE

Jak bylo řečeno dříve v textu, když se začne oblast gentrifikovat, vyvolá to ve 2.-3. fázi hojný zájem investorů a developerů. Jejich počínání navazuje na poptávku, která je již v dané fázi napjatá. Zatímco nabídka není uspokojivá. Strhnout stávající zástavbu a vybudovat na jejím pozemku bytový dům s větším počtem bytů je naprosto běžná záležitost a podobý osud čeká i pozemky, které byly dříve industriální a nejsou v současnosti vysoce výnosné. Kromě bytových domů jsou v gentrifikovaných lokalitách budovány i komerční zóny. Postupně se u všech pozemků, které se dostanou do oběhu, řeší jejich rentabilita a případně se transformuje způsob jejich využití.

Když se na gentrifikaci podíváme čistě z pohledu oceňování nemovitého majetku, má hodnota nemovitostí v gentrifikovaných lokalitách vzestupný charakter. Rostou nájem, hodnota nemovitostí a do nemovitostí se ve velkém investuje se záměrem vydělat. Změna hodnoty nemovitostí souvisí s vývojem trhu jen nepřímo. I když se trh s nemovitostmi začne propadat, hodnota nemovitostí v gentrifikované lokalitě zůstává vyšší než hodnota srovnatelných nemovitostí v nelukrativní části města. Zde lze jen konstatovat již obecně známý fakt, že cenu nemovitosti tvoří z velké části její poloha.

Poděkování

Príspevek byl zpracován za podpory Specifického vysokoškolského výzkumu MŠMT č.j. ÚSI-J-21-7475.

Literatura

- [1] GLASS, Ruth. Centre for Urban Studies report, MacGibbon & Kee. No. 3. London: University College, London. Centre for Urban Studies, 1964. OCLC 1618199.
- [2] LEES,L., Slater,T. and Wyly,E. The Gentrification Reader, Routledge: London. 2010,
- [3] SMITH, Neil. Gentrification and the Rent Gap. *Annals of the Association of American Geographers*. 1987, 1987.
- [4] HAMNETT, Chris. The Blind Men and the Elephant: The Explanation of Gentrification. *Transactions of the Institute of British Geographers*. 1991, **16**(2). ISSN 00202754. Dostupné z: doi:10.2307/622612
- [5] SMITH, Neil. Toward a Theory of Gentrification A Back to the City Movement by Capital, not People. *Journal of the American Planning Association*. 1979, **45**(4), 538-548. ISSN 0194-4363. Dostupné z: doi:10.1080/01944367908977002
- [6] ZUK', Miriam a ET AL. Gentrification, Displacement, and the Role of Public Investment. *Journal of Planning Literature*. Thousand Oaks, California, 2017, **2017**(XX(X)), 1-14. Dostupné z: doi:10.1177/0885412217716439
- [7] LEVY, Alon. Consumption Theory and Gentrification. *Pedestrian Observations* [online]. 2018, **2018** [cit. 2021-2-10]. Dostupné z: <https://pedestrianobservations.com/2018/05/13/consumption-theory-and-gentrification/>
- [8] LEY, David. Alternative Explanations for Inner-City Gentrification: A Canadian Assessment. *Annals of the Association of American Geographers* [online]. 1986, **76**(4), 521-535 [cit. 2021-5-13]. ISSN 0004-5608. Dostupné z: doi:10.1111/j.1467-8306.1986.tb00134.x
- [9] EY, David. Gentrification and the policies of the new middle class. *Environment and Planning D: Society and Space*. 1994, **1994**, 53-74. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1068/d120053>
- [10] SLATER, Tom. Gentrification of the City. *The New Blackwell Companion to the City*. 2010, **2010**(50), 571-585.
- [11] CLARK, Eric. On gaps in gentrification theory. *Housing Studies* [online]. 2007, **7**(1), 16-26 [cit. 2021-5-13]. ISSN 0267-3037. Dostupné z: doi:10.1080/02673039208720720
- [12] *Gentifikace v postsocialistickém kontextu střední Evropy. Komparativní případová studie – Varšava a Praha*. Praha, 2018. Diplomová práce. Karlova univerzita, Fakulta sociálních věd. Vedoucí práce Miroslav Kunštát.
- [13] ZUKIN, Sharon. Gentrification: Culture and Capital in the Urban Core. *Annual Review of Sociolog.* New York, 1987, **1987**(13), 129-147. Dostupné z: doi:[13] Zukin, S. (1987). Gentrification: Culture and Capital in the Urban Core

- [14] MOONEY, Gerry. Book Review: Urban Sociology, Capitalism and Modernity. *Urban Studies* [online]. 1994, **31**(9), 1587-1588 [cit. 2021-5-13]. ISSN 0042-0980. Dostupné z: doi:10.1080/00420989420081451
- [15] BOUNDS, Michael. *Urban social theory : city, self, and society*. South Melbourne: Oxford University Press, 2004.
- [16] ZUKIN, Sharon. *THE ULTURES OF CITIES*. Oxford: Blackwell Publishers, 1995. ISBN 1-55786-437-3.
- [17] *Big Think Interview With Sharon Zukin* [online]. In: . 2016 [cit. 2021-4-8]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=1Z8RCXbZx58>
- [18] CASELLAS, Antònia, Esteve DOT-JUTGLA a Montserrat PALLARES-BARBERA. Artists, Cultural Gentrification and Public Policy. *Urbani izziv* [online]. 2012, **23**(s 1), s104-s114 [cit. 2021-5-13]. ISSN 03536483. Dostupné z: doi:10.5379/urbani-izziv-en-2012-23-supplement-1-010
- [19] O'SULLIVAN, Feargus. The 'gaytrification' effect: why gay neighbourhoods are being priced out. *Support the Guardian* [online]. 2016, **2016** [cit. 2021-1-19]. Dostupné z: <https://www.theguardian.com/cities/2016/jan/13/end-of-gaytrification-cities-lgbt-communities-gentrification-gay-villages>
- [20] ZHONG, Linsheng, Jinyang DENG a Baohui XIANG. Tourism development and the tourism area life-cycle model: A case study of Zhangjiajie National Forest Park, China. *Tourism Management* [online]. 2008, **29**(5), 841-856 [cit. 2021-5-13]. ISSN 02615177. Dostupné z: doi:10.1016/j.tourman.2007.10.002
- [21] BUTLER, Richard W. *The Tourism Area Life Cycle, Vol. 1 Applications and Modifications*. Clevedon: Frankfurt Lodge, 2006. ISBN 1-84541-027-0.
- [22] COCOLA-GANT, Agustin. Tourism gentrification. *Centre of Geographical Studies, University of Lisbon*. Lisbon, 2018, **2018**, 1-22.
- [23] EHRMANN, Sigrid. Green gentrification and how to avoid it. *Fore Ground* [online]. 2018, **2018** [cit. 2021-2-14]. Dostupné z: <https://www.foreground.com.au/parks-places/green-gentrification/>
- [24] POLLACK, Stephanie, Chase BILLINGHAM a Barry BLUESTONE. Maintaining diversity in America's transit-rich neighborhoods: Tools for equitable neighborhood change. *Federal Reserve Bank of Boston*. Boston, 2010, **2010**(1), 1-6.
- [25] FLORIDA, Richard. The Role of Public Investment in Gentrification. *Bloomberg CityLab* [online]. 2015, **2015** [cit. 2021-5-14]. Dostupné z: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2015-09-02/the-role-of-public-investment-in-gentrification>
- [26] Smith, P. (2016) A student view of Boston's gentrification: 'We are ruining the lives of city residents' The Guardian. [online článek] Navštíveno 18. 3. 2019. Dostupné na: <https://www.theguardian.com/cities/2016/oct/01/boston-university-gentrification-students-ruining-lives-residents>
- [27] CHAN, Jin Hooi, Katia IANKOVA, Ying ZHANG, Tom MCDONALD a Xiaoguang QI. The role of self-gentrification in sustainable tourism: Indigenous entrepreneurship at Honghe Hani Rice Terraces World Heritage Site, China. *Journal of Sustainable Tourism* [online]. 2016, **24**(8-9), 1262-1279 [cit. 2021-2-14]. ISSN 0966-9582. Dostupné z: doi:10.1080/09669582.2016.1189923
- [28] CLAY, Philip L. *Neighborhood Renewal: Middle-Class Resettlement and Incumbent Upgrading in American Neighborhoods*. Lanham, MD: Lexington Books, 1979. ISBN 978-0669026818.
- [29] JINDROVÁ, Klára. *Gentrifikace v pražských čtvrtích*. Brno, 2014. Diplomová práce. MASARYKOVA UNIVERZITA, FAKULTA SOCIÁLNÍCH STUDIÍ. Vedoucí práce Slavomíra Ferenčuhová.
- [30] FLANAGAN, William G. *Urban sociology: Images and structure*. Allyn and Bacon, 1990. ISBN 0205122272.
- [31] VARNEKAR, V. *History, Causes, and Effects of Gentrification* [online]. [cit. 2021-5-14]. Dostupné z: <https://opinionfront.com/history-causes-effects-of-gentrification>
- [32] VIGDOR, Jacob L. Does Gentrification Harm the Poor? *Brookings-Wharton Papers on Urban Affairs* [online]. 2002, **2002**(1), 133-182 [cit. 2020-11-14]. ISSN 1533-4449. Dostupné z: doi:10.1353/urb.2002.0012
- [33] CORCORAN, Cate. Gentrification in Park Slope and Beyond: What Can Be Done? *Brownstoner* [online]. 2014, **2014** [cit. 2021-1-9]. Dostupné z: <https://www.brownstoner.com/brooklyn-life/p-s-321-panel-considers-effects-of-gentrification/>
- [34] ELDREDGE, Barbara. What Is Gentrification, Anyway? *Brownstoner* [online]. 2016, **2016** [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: <https://www.brownstoner.com/brooklyn-life/what-is-gentrification-definition-causes-effects/>
- [35] LEES, Loretta. Super-gentrification: The Case of Brooklyn Heights, New York City. *Urban Studies* [online]. 2003, **40**(12), 2487-2509 [cit. 2021-5-14]. ISSN 0042-0980. Dostupné z: doi:10.1080/0042098032000136174
- [36] SQUIRES, Georgy D. *From Redlining To Reinvestment*. Philadelphia: Temple University Press, 1992. ISBN 978-1-4399-0165-6.

- [37] SEIFERT, Alexander. Alter und Gentrifizierung – Sind ältere Menschen Benachteiligte der Gentrifizierung. PlanerIn. Zurich, 2015, 2015(4), 54-55.

Obrázky

Obr. 1 Příklad bývalé dělnické kolonie v současnosti gentrifikované čtvrti: Kamenná čtvrť. Zdroj: vlastní

Obr. 2 The Rent Gap. Zdroj: Clark, E. (2010) Urban development: island gentrification and environmental conflicts. [online dokument] Navštíveno 28. 4. 2019. Dostupné na: <https://www.slideshare.net/environmentalconflicts/eric-clark>

Recenzoval

Karel Schmeidler Doc., Ing. Arch., PhDr., CSc, ÚSI VUT v Brně, odborný pracovník, Purkyňova 464/118, Brno, tel.: +420 54114 8921, karel.schmeidler@usi.vutbr.cz

VLIV VYBRANÝCH FAKTORŮ NA VÝŠI NÁJMU V ADMINISTRATIVNÍCH BUDOVÁCH

IMPACT OF SELECTED FACTORS ON RENT RATE IN ADMINISTRATIVE BUILDINGS

Oldřich Pokorný¹

Abstract

This article deals with identification of certain factors influencing rent rates of administrative buildings. Based on a sample of 418 commercial units collected in period of 2018–2020, this study assesses the effect of some selected factors on the rent. It provides some initial evidence of how different factors can affect rental prices in office buildings. Due to a number of factors, this can be useful for property owners and developers, as it is beneficial to understand the relative financial benefits of allocating resources to these different factors. In general, factors such as location, unit size, age of the building and the age of the lease have the biggest impact on the rental price. In addition, some of environmental sustainability factors have a positive impact on rental prices. Conversely, some sustainability factors do not have a significant effect on the rental price or even have a negative impact. In particular, finding a negative relationship between the rental price and the energy performance of a building is surprising at first sight. The likely explanation is that the effect of the energy advances levied as part of the rent, however, will require more detailed investigation. However, it is also possible that there may be a higher level of demand for, for example, historical buildings, which are in principle more energy intensive.

There is a correlation between a number of factors and rental prices of real estate. However, it is important to recognize that the price effects of some factors are likely to be dynamic and variable between different assets and markets. Ultimately, they are a function of a specific set of supply and demand conditions.

Keywords

Rent; rate; selected; factors; affect; administrative; building

1. ÚVOD

Faktory ovlivňující dosažitelnou výši nájemného v administrativních budovách se stávají často diskutovaným tématem, nejen pro účastníky trhu v sektoru administrativních nemovitostí. Tento článek hodnotí vliv některých vybraných faktorů na výši nájmu na vzorku 418 administrativních prostor, data byla sbírána v rozmezí let 2018–2020.

Faktorů ovlivňujících dosažitelnou výši nájmu (případně majících alespoň potenciální vliv na výši nájmu) je celá řada, dle obecně přijímaného závěru prezentovaného v množství studií (např. (Alonso, 1964), (Slade, 2000), (Glascock, et al., 1993)) je hlavním faktorem poloha dané nemovitosti.

Dnes již klasický text, zaměřující se na problematiku lokality ve městě a popisující závislost polohy nemovitosti na její ceně a dosažitelné výši nájemného (Alonso, 1964). Ten sleduje a modeluje zejména situaci na trhu rezidenčního bydlení, částečně se věnuje ale i administrativním budovám. Empirický výzkum, který v textu následuje se opět soustředí zejména na rezidenční nemovitosti; hedonické modely pro nájemné z administrativních budov tvoří marginální část této práce.

Přehlednou empirickou práci o určení nájemného z prostor v administrativních budovách vytvořil (Slade, 2000); autor se zde kromě polohy nemovitosti věnuje i některým proměnným, které dle jeho názoru ovlivňují výši nájemného.

Další literatura, která se zaměřila na empirické modelování vlivu umístění předmětné nemovitosti je následující: nejjednodušší způsob, jak modelovat na různých místech je použití dummy lokací pro podoblasti měst (Glascock, et al., 1993), autoři v časovém rozpětí šesti let analyzovali 145 budov v Baton Rouge (Louisiana, USA). Autoři dále použili rozlišení umístění nemovitosti mezi čtyřmi městskými podoblastmi, dále analyzovali pět různých úrovní kvality budov (Glascock, et al., 1993). Podobný princip rozdělení města do deseti lokalit byl aplikován ve studii Millse (Mills, 1992), kde autor sledoval cca 80 % reálného trhu s administrativními budovami v širší oblasti Chicaga.

Podobný přístup a použití dummy lokací byl použit v případové studii o situaci na trhu administrativních budov v Mnichově. V této studii se autor zaměřil na geografické a ekonomické atributy daných lokalit, spíše než na administrativně – správní rozdělení (jako například okres, čtvrť atd.). Dle názoru autora, tyto cenové rozdíly mezi lokalitami dle administrativního dělení, by měly být nedělitelnou součástí ekonomických atributů. Autor uvádí, že přístup založený na měřitelných rozdílech mezi lokalitami bude jednodušeji modifikovatelný a přenositelný na jiná

¹ Oldřich Pokorný, Ing., VUT v Brně, Ústav soudního inženýrství, Purkyňova 464/118, budova 01, 612 00 Brno, oldrich.pokorny@usi.vutbr.cz

města. Kromě toho, administrativní členění oblastí představuje příliš širokou škálu pro oceňování jednotlivých nemovitostí (Nitsch, 2006).

Druhá skupina modelů řeší rozdíly v umístění jednoznačným způsobem. Umístění vstupuje do těchto modelů dvěma odlišnými způsoby (Mills, 1992):

První způsob: v monocentrických modelech je gradient nájemného odhadnut na základě měření vzdálenosti; buď pouze skutečné vzdálenosti, nebo například jako čas potřebný pro překonání vzdálenosti (do tzv. Central Business District). Tento přístup by mohl být rozšířen i na multicentrické případy

Druhý způsob podchyzení vlivu polohy nemovitosti je dostupnost – buď prostředky veřejné dopravy, nebo pomocí dopravy individuální (Mills, 1992)

Gat (Gat, 1998) zkoumá trh ploch v administrativních budovách v Tel Avivu. Zkoumá rozdíly v nájemném v celkem 50 budovách na základě jejich vzdálenosti do tří dílčích center města; tuto myšlenku následovala i studie (Nitsch, 2006); pomocí měření vzdáleností kancelářských budov buď k náměstí Marienplatz, nebo na mnichovské letiště byly analyzovány výše nájmu v jednotlivých budovách.

Model výzkumníků Dunse a Jonese (Dunse & Jones, 2002) pro kancelářské nájemné v Glasgow používá naměřenou vzdálenost (vzdušnou čarou) do centra města jako hlavní proměnnou, která má významný vliv na cenu.

Ve své komparativní studii o trzích s administrativními budovami v Glasgow a Edinburghu používají Dunse, Leishman a Watkins (Dunse, et al., 2002) také tento postup (měření vzdálenosti vzdušnou čarou) – pro Edinburgh je referenční bod George Street – navíc je tento postup doplněn o dummy proměnnou, která indikuje, zda je kancelářský budova umístěna do 250 m od některé z důležitých vlakových stanic. Clapp (Clapp, 1980) ve své studii o situaci na trhu s nájmy v administrativních budovách v Los Angeles použil také měření vzdálenosti vzdušnou čarou do tzv. Central Business District, dále vzdálenost přístupu k dálnici. Na základě průzkumu mezi zaměstnanci identifikoval jako významné faktory polohy i časy potřebné k dojíždění do zaměstnání (ukazatel dostupnosti). (Clapp, 1980)

Zajímavá adaptace koncepce přístupnosti do místní dopravní infrastruktury je v článku autorů Nagai, Kondo, a Ohta (Nagai, et al., 2000). Přístupnost je definována jako nejkratší cesta z kanceláře na nejbližší železniční stanici, nebo stanici metra. Dvě další proměnné jsou čas potřebný na dojíždění (opět vlakem nebo metrem) do Tokia a Shinjuku. (Nagai, et al., 2000)

Podobný přístup aplikují i Benjamin a Sirmans (Benjamin & Sirmans, 1996), kteří vystavěli své odhady na analýze trhu rezidenčních nemovitostí (250 jednotek ve Washingtonu DC). Vzdálenost k nejbližší stanici metra je brána jako klíčová, autoři popisují pokles ceny nájmu o 2,5 % za každou desetinu míle nárůstu vzdálenosti.

Samozřejmě, tyto poznatky nelze zobecňovat na jakékoliv město/region, indikátor přístupnosti musí být vždy přizpůsoben konkrétní struktuře veřejné dopravy. (Benjamin & Sirmans, 1996)

Další podstatné faktory, například dle (Slade, 2000) – studie byla již zmíněna v předchozí části. Zpracována byla data vývoje nájemného za období šesti let pro celkem 483 administrativních budov v oblasti Phoenixu. Autor zde kromě polohy nemovitosti definuje 5 základních proměnných, které dle jeho názoru ovlivňují podstatným způsobem výši nájemného jsou:

- Průměrná podlahová plocha
- Výška budovy
- Stáří budovy
- Počet budov (ve stejném komplexu)
- Obsazenost budovy

Také dle Mills, kromě dělení oblastí (například města) na menší podoblasti, je navrženo použití bližších parametrů, které budou lépe specifikovat každou nemovitost – tzv. charakteristik, Mills jich ve své studii identifikoval celkem patnáct, studie je však zaměřena lokálně. Některé z těchto charakteristik jsou (Mills, 1992):

- Konstrukce budovy a použité materiály
- Stav budovy
 - Kategorie A, B, ...
- Počet přestaveb budovy
- Počet let od poslední přestavby
- Vybavenost interní
 - Koupelny, toalety, klimatizace, odpočinkové místnosti, ...
- Vybavenost externí
 - Garáže, garážová stání, terasy, ...

- Environmentální – příroda
 - Např. výhled na jezero, oceán, nebo tzv “dobrý výhled”
- Environmentální – sousedství a umístění
 - Např. míra kriminality, vzdálenosti do centra, na letišti, blízkost golfového klubu, přítomnost zeleně v okolí (les, park)
- Environmentální – veřejné služby
 - Např. školy v dosahu, procento minorit ve školách

2. POUŽITÉ METODY A DATA

Hedonické regresní modelování se již stalo standartní metodou používanou v různých oblastech výzkumu realitního trhu. Hedonické modelování má dlouhou historii, jejíž počátky se datují až do třicátých let minulého století, kdy bylo použito Wallacem pro zkoumání hodnoty zemědělské půdy v USA (Wallace, 1926). V pozdější době byl Sirmans a kol. položen základ pro mikroekonomický odhad hodnoty užitných vlastností a pro nelineární hedonické modelování (Sirmans, et al., 2005); na trhu administrativních budov se touto metodou zabýval například Monson (Monson, 2009), který ve své práci přinesl myšlenku navrhovaného využití takto získaných poznatků pro zvýšení výnosnosti z jednotky zastavitelné plochy (tj. stavět automaticky budovy s takovými parametry, u kterých je předpoklad nejvyšší dosažitelné ceny).

Sirmans a kol. dále ve své studii z roku 2005 analyzují nevýhody hedonického modelu (Sirmans, et al., 2005):

- Zaprvé – výsledky jsou ovlivněny lokalitou a je tedy obtížné je zobecnovat pro jiné geografické lokace; což je zároveň důvod, proč jsou tyto modely především používány pro lokální trhy.
- Druhá nevýhoda je, že každý hedonický model obvykle definuje a měří charakteristiky nemovitostí jinak (například jedna studie definuje počet koupelen, druhá pouze uvádí koupelna ano/ne), což samozřejmě komplikuje porovnání výsledků jednotlivých studií založených na tomto modelu (Sirmans, et al., 2005).

Další pohled na hedonické modelování cen přináší Malpezzi (Malpezzi, 2002). Ve své studii se zaměřuje zejména na odhadování hodnoty (vlivu na dosažitelnou cenu) jednotlivých charakteristik.

Podle Rosena (Rosen, 1974) je objekt kompletně popsán hedonickým modelem za pomoci vektoru objektivně měřených charakteristik. Hedonické ceny jsou definovány jako implicitní ceny atributů (faktorů).

Vybraný log-lineární hedonický model má následující vzorec:

$$\ln R_i = \alpha_i + \beta_{x_i} + \varepsilon_i$$

Kde:

x_i ... vektor různých popisných prvků (např. fyzické vlastnosti předmětné nemovitosti)

α, β ... příslušné vektory parametrů, které mají být odhadnuty

ε ... vliv náhodné chyby modelu

Základem této studie jsou údaje získané od většího množství vlastníků administrativních nemovitostí a realitních kanceláří. Soubor dat obsahuje informace o 418 nájemních jednotkách.

Podrobné informace o jednotkách a budovách byly získány od vlastníků, případně od pronajímatelů a realitních kanceláří formou dotazníku, podle definovaných kritérií (např. velikost podlahové plochy atd.). Všechna data byla shromážděna v letech 2018–2020.

Následující tabulka uvádí ve zkrácené formě souhrn základních statistických dat:

Tab. 1 Základní statistická data (zkráceno)

Faktor	N	Průměr	Medián	σ
Lokalita	418	3,12	2,99	1,37
Rok dokončení budovy	356	1996	1994	16,01
Počet jednotek v budově	380	38	27	22,04
Počet nadzemních podlaží	405	5,08	4,1	2,47
Celková podlahová plocha (m ²)	390	3615	3020	2214,3
Výtah (ano/ne)	394	0,69	1	0,24

Parkování (ano/ne)	408	0,92	1	0,21
Flexibilita (ano/ne)	372	0,01	0,07	0,22
Počátek nájmu (rok)	409	2008	2009	-
Kuchyňka (ano, ne)	404	0,68	1	0,38

3. VÝSLEDKY ANALÝZY, DISKUSE

Výsledky analýzy jsou shrnuty v následující tabulce č. 2. Regresní analýza dat z 418 administrativních nemovitostí vysvětluje cca 70% výše nájemného. Výsledky byly ve většině případů v souladu s očekáváním, zároveň jsou v jistém směru podobné jako výsledky předchozích studií (Eichholtz P, 2010), (Fuerst, 2009), (Yoshida, 2010); kdy zejména nájem, velikost jednotky a její umístění jsou významnými determinanty výše nájemného.

Není překvapivé, že ve srovnání se staršími nájemními smlouvami mají novější nájemní smlouvy vyšší nájemné. Toto byl očekávaný výsledek, je to způsobeno růstem výše nájmů za administrativní prostory v posledních letech (prakticky setrvalý růst v posledních deseti letech). Samozřejmě, výše nájemného je často spojena se smluvním automatickým zvyšováním dle indexu cen, doba trvání nájemní smlouvy však definuje základnu ceny. Starší nájemní smlouvy proto mají srovnatelně nižší základnu nájemních cen oproti novějším nájemním smlouvám. Výsledky v tabulce 2 ukazují rozdíl v této základní ceně v závislosti na začátku nájmu.

Pokud jde o velikost jednotky (jednotkou je myšlena samostatně pronajímaná část administrativní budovy), analýza ukazuje, že čím menší jednotka je, tím vyšší je cena za pronájem na metr čtvereční. Tento výsledek také není překvapující.

Další z parametrů, indikátor polohy, rovněž zobrazuje očekávané výsledky. Model dokládá, že výše nájmů setrvale klesají s poklesem kvality umístění. Jak již bylo vysvětleno výše, ukazatel polohy (lokalita) se pohybuje od 1 do 6, přičemž 1 je nejlepší a 6 nejhorší hodnocení polohy (pro tuto analýzu byly přiřazeny dummy proměnné pro faktor polohy). V rámci analýzy je každá lokální skupina porovnána s referenční skupinou (poloha 1 = nejlepší umístění). Koeficienty ukazují, jak se efektivně nájemné na metr čtvereční v každé skupině míst liší ve srovnání s referenční skupinou 1 „nejlepší umístění“.

Dalšími významnými faktory jsou podlaží, ve kterém se nachází příslušná jednotka, celkový počet podlaží v budově a stáří budovy. Model odhaduje, že výška budovy má negativní vliv na cenu nájmu; avšak zároveň se často vyskytují jednotky umístěné ve vyšších podlažích, které vykazují vyšší ceny nájmu. Výsledek tedy není jednoznačný a bude jej třeba dále zkoumat. Stáří budovy je také významným determinantem nájemného. Pokud vezmeme budovy z let 2010 a novější jako základnu pro výši nájmu, vykazují starší budovy nižší nájemní ceny. Výsledky nejstarších věkových tříd však nelze skutečně interpretovat, protože počet budov v těchto skupinách (resp. získaných vzorků) je stále relativně nízký.

Zajímavým a již očekávaným výsledkem je odhad vlivu energetické náročnosti budovy. Model ukazuje, že faktor energetické náročnosti budovy, má negativní dopad na výši nájemného. To naznačuje, tak jako v předchozí studii (Pokorný, 2019), že více energeticky náročné budovy dosahují vyšší ceny pronájmu. Toto zjištění je v rozporu jak s očekáváním, tak s jinými studiemi, které prokázaly cenovou prémii za budovy se lepším hodnocením energetické náročnosti. Teoretické vysvětlení tohoto překvapivého výsledku může spočívat v účtování hrubého nájemného, které v sobě již zahrnuje předpokládané náklady na energie (zálohy). Pronajímatelé, případně majitelé budov jsou pak zodpovědní za úhradu nákladů na energii. Pokud však nájemci spotřebují více (nebo méně) energie, než bylo původně odhadováno, musí majiteli budovy na konci období zaplatit doplatek (nebo naopak nájemce obdrží od majitele budovy přeplatek). Data o vyúčtování těchto předpokládaných doplateků nebo přeplateků však nebyla z pochopitelných důvodů k dispozici. Výsledky jsou konzistentní – v méně energeticky úsporných budovách je účtováno vyšší nájemné (pravděpodobně proto, aby byly pokryty očekávané vyšší náklady na energie). To by znamenalo, že data jsou negativně ovlivněna touto „zálohou na energii“, pravděpodobně by byla třeba další a detailnější analýza tohoto vlivu. Dá se říci, že celkově jsou výsledky studie většinou v souladu s očekáváním a v souladu s předchozími výzkumy vlivů různých faktorů na ceny (jedná se zejména o výzkumy v oblasti prodejích cen nemovitostí, nebo výši nájmu v objektech pro bydlení).

Analýza ukazuje, že ne všechny faktory, které byly hodnoceny v této studii, mají za následek cenovou prémii. Jedná se o některé vlastnosti nemovitostí, jako je například flexibilita nebo bezpečnost, ty jsou z hlediska vlivu na cenu méně důležité nebo nevýznamné.

Tab. 2 Výsledky regresní analýzy (zkráceno)

Faktor	Výsledek modelu A
Konst.	2,12
Počátek nájmu	0,18
Počet podlaží	-0,14
Podlahová plocha	-0,31
Podlaží jednotky	0,05
Lokalita 1	-
Lokalita 2	-0,23
Lokalita 3	-0,31
Lokalita 4	-0,36
Lokalita 5	-0,48
Lokalita 6	-0,73
Rok výstavby 1	-
Rok výstavby 2	-0,03
Rok výstavby 3	-0,09
Rok výstavby 4	-0,12
Rok výstavby 5	-0,15
Rok výstavby 6	-0,58
Rok výstavby 7	0,00
Flexibilita	-0,01
Energetická náročnost	0,14
Přístupnost	-0,04
Bezpečnost	0,11

4. ZÁVĚR

Podkladem článku je databáze 418 administrativních prostor a jejich nájmu shromážděných mezi roky 2018-2020. Databáze byla statisticky vyhodnocena pomocí multikriteriální regrese. Na základě provedené analýzy lze konstatovat, že největší vliv na dosahovanou cenu nájemného mají faktory polohy, velikost jednotky, stáří budovy a stáří nájemní smlouvy.

Dále lze konstatovat, že faktory udržitelnosti vlivů na životní prostředí pozitivně ovlivňují výši cen dosažitelných za pronájem. Trvale udržitelné vlastnosti budov, zejména ty, které zvyšují účinnost v oblasti využití vody, úroveň zdraví a pohodlí a bezpečnost a zabezpečení budov, se zdají mít pozitivní vliv na cenu.

Naopak některé faktory udržitelnosti nemají významný vliv na dosahovanou cenu nájmu, nebo mají dokonce negativní vliv. Zejména zjištění negativního vztahu mezi cenou nájmu a energetickou náročností budovy je na první pohled překvapující. Pravděpodobným vysvětlením je, vliv záloh na energie, vybíraných jako součást nájemného, toto však bude vyžadovat detailnější zkoumání. Je však také možné, že může existovat vyšší úroveň poptávky po například historických budovách, které jsou z principu více energeticky náročné.

Je prokázána korelace mezi celou řadou faktorů a nájemních cen nemovitostí. Je však důležité uznat, že cenové účinky některých faktorů budou pravděpodobně dynamické a proměnlivé mezi různými aktivy a trhy. V konečném důsledku jsou funkcí specifického souboru podmínek nabídky a poptávky.

Literatura

- [1] Alonso, W., 1964. *Location and Land Use: Toward a General Theory of Land Rent*. Harvard: Harvard University Press.
- [2] Benjamin, J. D. & Sirmans, S. G., 1996. Mass Transportation, Apartment Rent and Property Values. *Journal of Real Estate Research*, 12(1), pp. 1-8.
- [3] Clapp, J., 1980. The Intrametropolitan Location of Office Activities. *Journal of Regional Science*, 23(3), pp. 387-399.
- [4] Dunse, N. & Jones, C., 2002. The existence of office submarkets in cities. *Journal of Property Research*, 19(2), pp. 159-182.
- [5] Dunse, N., Leishman, C. & Watkins, C., 2002. Testing for the Existence of Office Sub-markets: A Comparison of Evidence from Two Cities. *Urban Studies (Routledge)*, 39(3), pp. 483-506.
- [6] Eichholtz P, N. K. Q. J., 2010. *Doing Well by Doing Good? Green Office Buildings*. Program on housing and urban policy.. Berkeley: Institute of Business and Economic Research, University of California.
- [7] Fuerst, F. P. M., 2009. New evidence on the green building rent and price premium.
- [8] Gat, D., 1998. Urban Focal Points and Design Quality Influence Rents: The Case of the Tel Aviv Office Market. *Journal of Real Estate Research*, 16(2), pp. 229-247.
- [9] Glascock, J., Kim, M. & Sirmans, C., 1993. An Analysis of Office Market Rents: Parameter Constancy and Unobservable Variables. *The Journal of Real Estate Research*, 8(4), pp. 625-637.
- [10] Malpezzi, S., 2002. Hedonic Pricing Models: A Selective and Applied Review. Wisconsin-Madison CULER working papers, Issue 02-05.
- [11] Mills, E. S., 1992. Office Rent Determinants in the Chicago Area. *Real Estate Economics*, 20(2), pp. 273-287.
- [12] Monson, M., 2009. Valuation Using Hedonic Pricing Models. *Cornell Real Estate Review*, Svazek 7, pp. 62-73.
- [13] Nagai, K., Kondo, Y. & Ohta, M., 2000. An Hedonic Analysis of the Rental Office Market in the Tokyo Central Business District: 1985-1994 Fiscal Years. *Japanese Economic Review*, 51(1), pp. 130-154.
- [14] Nitsch, H., 2006. Pricing Location: A Case Study of the Munich Office Market. *Journal of Property Research*, 23(2), pp. 93-107.
- [15] Pokorný, O. *Nájemné v administrativních budovách: vliv vybraných faktorů na výši nájmu*. Sborník příspěvků konference Junior Forensic Science Brno 2019. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2019. s. 176-180. ISBN: 978-80-214-5730-0.
- [16] Rosen, S., 1974. Hedonic prices and implicit markets: product differentiation in pure competition. *Journal of political economy*.
- [17] Sirmans, S., MacPherson, D. & Zietz, E., 2005. The Composition of Hedonic Pricing Models. *Journal of Real Estate Literature*, 13(1), pp. 1-44.
- [18] Slade, B. A., 2000. Office Rent Determinants During Market Decline and Recovery. *Journal of Real Estate Research*, 20(3), pp. 357-380.
- [19] Wallace, H. A., 1926. Comparative Farm-Land Values in Iowa. *The Journal of Land & Public Utility Economics*.
- [20] Yoshida, J. a. S. A., 2010. Which "Greenness" is Valued? Evidence from Green Condominiums in Tokyo.. Maastricht: Green building Finance and Investment: Practice, Policy and Research.

Recenzoval

Vítězslava Hlavinková, Ing. Ph.D., ÚSI VUT v Brně, odborný pracovník, Purkyňova 464/118, Brno, tel.: 541 148 936, vitezslava.hlavinkova@usi.vutbr.cz

PŘÍKLAD SELHÁNÍ MOSTNÍ KONSTRUKCE

EXAMPLE OF COLLAPSE OF BRIDGE CONSTRUCTION

Jan Procházka¹, Dana Procházková²

Abstrakt

Článek analyzuje dálničního selhání mostu v Janově dne 14. srpna 2018. Sleduje mostu od jeho návrhu až po zřícení. Uvádí možné příčiny zřícení mostu a dopady zřícení mostu na veřejná aktiva. Kolaps mostu způsobila kombinace příčin; hlavně se projevila přetížení mostu způsobené provozem, koroze závěsných lan a skutečnost, že byla překročena životnost mostu.

Abstract

The article analyses the highway collapse of the bridge in Genoa on 14 August 2018. It monitors the bridge from its design to its collapse. It lists the possible causes of the bridge collapse and the impact of the bridge collapse on public assets. The collapse of the bridge was caused by a combination of causes; in particular, the congestion of the bridge caused by traffic, the corrosion of the suspension ropes and the fact that the life of the bridge was exceeded.

Klíčová slova

Most; selhání; příčiny; dopady; bezpečí; bezpečnost.

Keywords

Bridge; collapse; causes; impacts; security; safety

1. ÚVOD

Most Vadotto Polcevera nazývaný taktéž „Ponte Morandi“ (Morandiho most) byl dálniční zavěšený most v Janově obrázek 1. Byl postavený v letech 1963 až 1967 a od roku 1967 sloužil jako součást dálnice A10 pro překonání řeky, která spojovala dvě části města Janov. Navržen byl architektem „Riccardo Morandi“ a dne 14 srpna 2018 došlo ke zřícení části mostu s tragickými následky [1]. Článek se zabývá příčinami a dopady zřícení mostu.



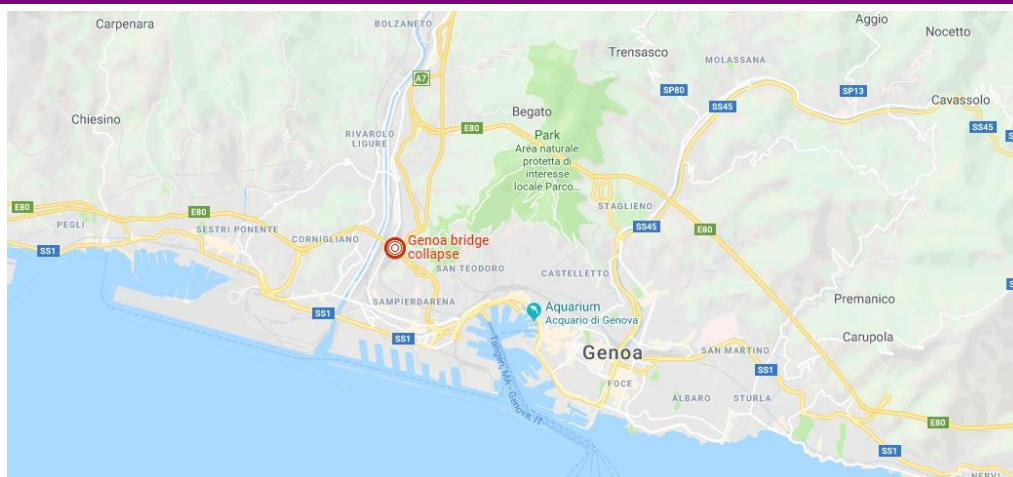
Obr. 1 Viadotto Polcevera (Morandiho most) v roce 2010 při pohledu ze západu [1]

2. CHARAKTERISTIKA A HISTORIE MOSTU

Most byl součástí dálnice A10, která spojovala východní břeh řeky Polcevera a stranu města Janov se západním břehem a stranou města obrázek 2. Dálnice dále spojovala sever Itálie (Milano, Parma, Benátky, Janov) s jihem Francie (Nice, Marseille, Toulouse). Dálnice A10 byla součástí evropské silnice E80, obrázek 3. Geologické podloží, do kterého je most zasazen, je ovlivněno řekou Polcevera, obrázek 4. Jde především o naplavené usazeniny (písky a slepence) a prachovec (podobné jílovci) [3].

¹ Jan Procházka RNDr, Ph.D. ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Technická 4, Praha, japro2am@seznam.cz

² Dana Procházková Doc. RNDr. Ph.D., DrSc. ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Technická 4, Praha, prochdana7@seznam.cz



Obr. 2 Situační mapa v Janově, s vyznačením místem zřícení mostu [2]

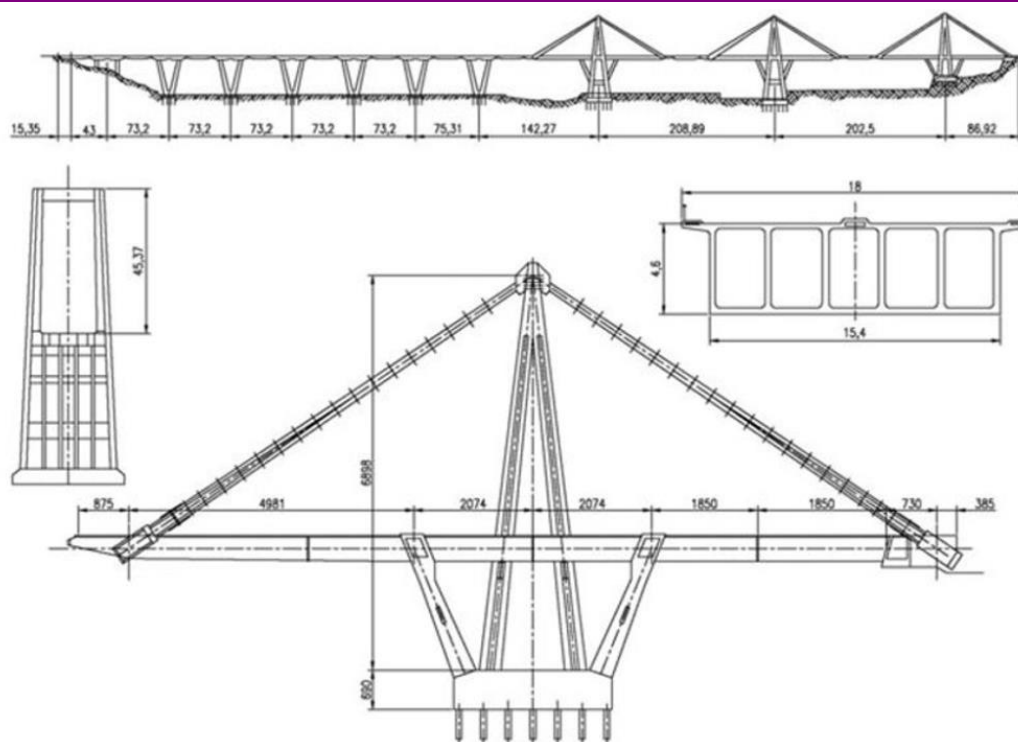


Obr. 3 Západní část Evropské silnice E80 [1]



Obr. 4 Geologické podloží, šedomodrá – naplavené usazeniny, zelena – prachovec [3]

Sledovaný most byl navržen Riccardem Morandim jako závěsný most za využití předpjatého betonu pro mostní pilíře a mostovku. Délka mostu byla 1 102 metrů a výška mostu (úroveň vozovky) byla 45 metrů. Závěsná část mostu byla ukotvena na třech pilířích vysokých 90 metrů [4]. Pro stavbu mostu byl použit předpjatý beton na 10 MPa. Vyznačoval se diagonálními kabelovými opěrami, s vertikálními podpěrami podobnými stojanům sestávajícími ze sad V: jedna sada nesoucí vozovku na silnici, zatímco druhá dvojice obrácených V podporovala horní konce dvou párů diagonálních kabelových lan, obrázek 5.



Obr. 5 Zobrazení konstrukce mostu „Viadotto Polcevera“ [4]

Kvůli chybám při konstrukci mostu, nebyla vozovka vodorovná a kroutila se. To si vyžádalo řadu stavebních zásahů během dvou desítek let po uvedení do provozu, které nakonec vedly k narovnání vozovky [5].

Dalším problémem, který vznikl v důsledku špatných stavebních postupů byla nízká „předpjatost betonu“ (použití nízkého tlaku – 10 MPa). To vedlo k vzniku prasklin v betonu, do kterých zatékalo. Výsledkem byla koroze vnitřní oceli v betonu. Morandi proto navrhl oškrabání rzi a zalití prasklin epoxidovou pryskyřicí a zakrytí elastomerem [6].

Už počátkem devadesátých let byly odhady, že poklesla nosnost ocelových lan o 30 % právě vlivem jejich koroze. Proto došlo k průzkumu pilíře 11, obrázek 5 nahoře, první zprava. Při průzkumu bylo odhaleno velké oslabení ocelových lan, vlivem oxidace. Pilíř 11 pak byl posílen instalací vnějších lan na posílení jeho nosnosti. Vrchol pilíře 10 byl pak opláštěn ocelí pro jeho posílení.

O špatném stavu pilíře 9 (právě pilíře, který se 14. 8. 2018 zřítíl) informovala zpráva inženýrů z Polytechnické univerzity v Miláně [7]. Zpráva se opírala o modální analýzu mostu [8]. Na jejím základě informace o potřebě opravy a údržby mostu zazněly opakovaně v Parlamentu, ale nebyla provedena žádná opatření.

Most byl projektován na 50 let provozu. Mezi uvedením do provozu a zřícením uběhlo 51 let, aniž by došlo k novému posouzení bezpečnosti projektu. V roce 2009 byla zaznamenána intenzita dopravy na mostě přibližně 25,5 milionů vozidel za rok [1]. To byl nárůst na čtyřnásobek za 30 let. Prognózy provedené v tomto roce navíc předpokládaly další zvyšování intenzity dopravy. Objevily se proto návrhy na přesunutí dopravy jinam. Například byla navrhována výstavba dalšího mostu na sever od města.

Přes všechna fakta nebyla provedena žádná opatření a ani doprava na mostě nebyla nijak regulována. Ba navíc byly na most umístěny nové těžké betonové zábrany, které ještě navýšily zatížení mostu. V květnu roku 2018 pak bylo vyhlášené výběrové řízení na opravu pilířů 10 a 9 [1]. Na mostě pak začátkem srpna 2018 byly pozorovány objevující se trhliny.

3. KOLAPS MOSTU A JEHO PŘÍČINY

Ke zřícení mostu došlo 14. srpna roku 2018 v 11:36 středoevropského letního času. Zřítla se asi 210 metrů dlouhá část mostu s pilířem 9, obrázek 5 nahoře, třetí zprava. Společně s mostem spadly asi tři desítky vozu, které se v tu dobu pohybovaly po vozovce. Zřícená část mostu dopadla do řeky Polcevera, na železniční trať a na skladiště, nacházející se pod mostem [9].

Příčiny zřícení odborníci hledali nejprve v oblasti živelních pohrom, jako je sesuv půdy a povodeň. Ve sledované době v oblasti vydatně pršelo a řeka Polcevera byla naplněná vodou z deště. Mluvilo se i o zasažením

bleskem. Proti teorii se sesuvem půdy ale vypovídá zaznamenané video [9]. Video ukazuje, že se nejprve zřítily mostní části kolem pilíře a až po nich pilíř samotný.

Podle záznamů z údržby, zmíněných výše, ztrácela lana svoji nosnost vlivem koroze. Zátěž mostu vlivem dopravy se zvyšovala, stejně jako přidání betonových zábran. Pilíř 9 pak neprošel žádným zesílením. Vlivem opakovaného zatížení mostní konstrukce pak při přetrvávajícím provozu pravděpodobně došlo k oslabení a únavě lan [10]. Ve chvíli, kdy únava lan překročila mezní hodnotu, došlo k selhání jednoho ze 3 nosných systémů a k následnému zřícení mostu [11].

Příčina selhání spočívá ve vysokém zatížení konstrukce a zároveň ve snížené nosnosti konstrukce. Na základě podrobných studií, provedených v rámci projektu RIRIZIBE [12] vliv mohly mít i aktuální meteorologické podmínky, které ovlivnily zátěž i nosnost konstrukce. Dle citované práce šlo o složitou konstrukci, u které při kombinaci zatížení (přetížení, povodeň, špatný technický stav, podmáčené podloží a možná i blesk) došlo k nadprojektovým podmínkám, které vedly k překročení bezpečnostních limitů. Překročení bezpečnostních limitů způsobilo, že ocelová lana neudržela zatížení a došlo k jejich narušení a k následnému zřícení mostu.

V souvislosti s pádem Morandiho mostu přes Polceveru také proběhla analýza satelitních snímků mostu z období před pádem mostu [13]. Ta odhalila skutečnost, že k deformaci mostu docházelo dlouhodobě a dohromady se zprávou [7] potvrzovala skutečnost, že pád mohl být předvídan. Tento závěr je vysoce pravděpodobný, když vezmeme v úvahu fakt, že most přeluhoval dobu, na kterou byl projektován (50 let).

4. DOPADY ZŘÍČENÍ MOSTU

Dopady způsobené pádem Viadotto Polcevera jsou uvedeny v tabulce 1. Dopady jsou identifikovány na základě zveřejněných zpráv [14-20].

Tab. 1 Dopady pádu Viadotto Polcevera roku 2018

Aktivum	Dopady	
OKOLÍ A ŠIRŠÍ REGION		
Životy a zdraví lidí	Ztráty na lidských životech u 43 posádek vozidel, která spadla z mostu (29 Italů, 4 Francouzi, 3 Chile, 2 Albánie, a po jednom z Kolumbie, Jamajky, Moldavska, Peru a Rumunska). 16 zraněných Strach, narušení osobní pohody. Cca 600 lidí bez přístřeší	
Bezpečí lidí	Evakuace a ztráta obydlí pro obyvatele v domech pod mostem.	
Majetek	Zničeno 35 automobilů Zničeny 3 kamiony Poškození dopravních komunikací a objektů pod mostem.	
Veřejné blaho	Přerušování dopravní obslužnosti. Ztráta spojení mezi 2 částmi města. Poškození železniční dopravy pod mostem. Degradace veřejných prostranství pod mostem. Narušena doprava v Evropě.	
Životní prostředí	Vysoká hluková zátěž a vysoké emise. Poškození ovzduší, vody, půdy, flóry a fauny v okolí pod mostem. Zvýšené množství komunálních odpadů.	
Infrastruktury a technologie		
	Dodávky energií	Přerušování dodávek energie v obytné zóně pod mostem.
	Dodávky vody	Přerušování dodávek vody v obytné zóně pod mostem.
	Kanalizace	Přerušování kanalizace v obytné zóně pod mostem.
	Přepravní síť	Škody způsobené pádem mostu dosáhly desítky miliónů EUR Přetížení a zvýšené opotřebení objízdných komunikací.

Komunikační a informační síť	Přerušení informačních kanálů v obytné zóně pod mostem.
Bankovní a finanční sektor	Finanční ztráty vlastníka mostu Autostrade per l'Italia (v oblasti odpovědnosti za ztrátu a veřejné ohrožení bylo vyšetřováno cca 20 lidí a několika zástupců technické zprávy byly uloženy vysoké peněžité tresty a tři skončili ve vězení)
Nouzové služby	Zvýšené požadavky na činnost. Zvýšené nároky na policii v důsledku vysoké kriminality a přestupků vůči občanskému soužití. Zvýšené nároky na zdravotnická zařízení v důsledku velkého množství zraněných.
Základní služby v území (průmysl, zemědělství, zásobování, zdravotnictví, likvidace odpadů, sociální služby, pohřební služby)	Vyvolané investice do rozvoje veřejného občanského vybavení: - 19 miliónů EUR demolice, - 202 miliónů EUR výstavba nového mostu. Zvýšené nároky na likvidaci odpadů. Zvýšené nároky na obnovu a úpravu životního prostředí Zvýšené nároky na sociální služby. Zvýšené nároky na pohřební služby.
Státní správa a samospráva	Růst administrativní zátěže úřadů. Vyšší náklady na svoz a likvidaci komunálního odpadu. Vyvolané investice do obnovení železniční stanice. Vyvolané investice do výstavby bytů pro evakuované občany. Vyvolané investice do odstranění škod na životním prostředí. plánuje se i vznik nové čtvrti. Srpnový pád konstrukce poničil i některé stávající budovy

5. DISKUSE A ZÁVĚR

Katastrofa způsobila zásadní politický spor o špatném stavu infrastruktury v Itálii a vyvolala širší otázky týkající se stavu mostů v celé Evropě. Potřeba přehodnocení přístupu k provozu a údržbě mostu vedla k výzkumu možností použití nových technologií pro monitoring, ale i přehodnocení základních přístupů řízení.

Přehodnocení používaných zásad pro řízení bezpečnosti při projektování, výstavbě i provozu jsme publikovali například v článku [21]. Jde hlavně o údržbu orientovanou na rizika a o včasnou modernizaci, jestliže podmínky jsou výrazně jiné než projektové, protože žádný materiál a žádná konstrukce není absolutně robustní. V dané souvislosti jde o zavedení kultury bezpečnosti do projektování, výstavby a provozu mostů.

V oblasti monitoringu pak jsou možnosti monitoringu mostu, které by měly včas určit potřebu údržby mostu, než dosáhne kritických podmínek. V souvislosti s pádem mostu v Janově se například zmiňuje možnost satelitního snímání mostu [13], kde na satelitních snímcích byla pozorována deformace v čase zpět. Základním monitoringem je vizuální posouzení stavu mostu. To může být složité, zvláště pro hůře dostupná místa. Zde je v současné době možnost použití vizuálního monitoringu dronem [22]. Důležité je pak vytvořit algoritmus, který obrazové materiály posoudí, porovná s předchozím snímáním a vytvoří podklady pro vyhodnocení.

V případech pádů vysutých mostů různých velikostí, od pěší lávky v Troji po dálniční most v Janově bývá častou příčinou pádů únava ocelových lan a ztráta jejich nosnosti. Další možnost monitoringu z důvodu bezpečnosti kritických mostů je měření stavu ocelových lan, jako je míra narušení korozi [23], nebo další deformace a vnitřní trhliny [24].

Další opatření je třeba implementovat v oblasti řízení. V případě projektu mostů je potřeba plánovat přehodnocení projektu v závislosti na změnách a stáří v provozu mostu. Most může být používán i po překonání projektované doby, či překročení očekávaného provozu. Je třeba ale kriticky posoudit za jakých podmínek je to možné.

V případě, že je odhaleno zvýšené riziko pádu mostu vlivem únavy konstrukce, nebo posouzení určí že překročení projektovaného provozu či stáří nejsou bezpečné, je třeba aplikovat vhodná opatření. Například najít principy pro omezování provozu v závislosti na velikosti deformace.

Literatura

- [1] WIKIPEDIA. *Ponte Morandi*, [cit. 22.07.2020]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Ponte_Morandi.
- [2] GOOGLE MAPS. *Genova*, [cit. 22.07.2020]. Dostupné z: <https://www.google.cz/maps/>.
- [3] HISTORY OF GEOLOGY. *Geology and the Genoa bridge collapse*, [cit. 22.07.2020]. Dostupné z: <http://historyofgeology.fieldofscience.com/2018/08/geology-and-geoa-bridge-collapse.html>
- [4] MONODAQ. *Polcevera viaduct: a premature end of a milestone of the Italian engineering heritage* [cit. 22.07.2020]. Dostupné z: <https://www.monodaq.com/applications/polcevera-viaduct/>
- [5] FRANGOPOL D., SAUSE R., KUSKO CH. *Bridge Maintenance, Safety, Management and Life-Cycle Optimization*. Proceedings of the Fifth International IABMAS Conference, Philadelphia. CRC Press. 2010. ISBN 9780415891370.
- [6] MORANDI R. *The long-term behaviour of viaducts subjected to heavy traffic and situated in an aggressive environment: the viaduct on the Polcevera in Genoa*. IABSE reports of the working commissions 1979.
- [7] LA STAMPA. *Ignored university reports about Morandi bridge 2018: "Deformed pylons and oxidized cables"* [cit. 22.07.2020]. Dostupné z: <https://www.lastampa.it/esteri/la-stampa-in-english/2018/08/17/news/ignored-university-reports-about-morandi-bridge-deformed-pylons-and-oxidized-cables-1.34039115>
- [8] SALAWU, O. S. Detection of structural damage through changes in frequency: a review. *Engineering Structures*. 19 (1997) 9, pp. 718–723. doi:10.1016/s0141-0296(96)00149-6. ISSN 0141-0296.
- [9] ON DEMAND NEWS. *Police release new footage of doomed Morandi Bridge collapse in Genoa*, [cit. 24.07.2020] youtube. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=V479srTBIak>
- [10] INVERNIZZI S., MONTAGNOLIA M. AND CARPINTERI A. *Fatigue assessment of the collapsed XXth Century cable-stayed Polcevera Bridge in Genoa*, *Procedia Structural Integrity* **18** (2019), pp. 237–244.
- [11] KHALIL A. A., PELLECCIA C., DE IULIIS E., RICCIARDI E. M. *The Morandi Bridge in Genoa – Analysis with the Applied Element Method*. Applied Science International, LLC 2018.
- [12] PROCHÁZKOVÁ, D., PROCHÁZKA, J., LUKAVSKÝ, J., DOSTÁL, V., PROCHÁZKA, Z., OUHRABKA, L. *Řízení rizik procesů spojených s provozem technického díla během jeho životnosti*. Praha: ČVUT 2019, 465 p. <http://hdl.handle.net/10467/85867> doi:10.14311/BK.9788001066751. ISBN 978-80-01-06675-1.
- [13] MILILLO P., GIARDINA G., PERISSIN D., MILILLO G., COLETTA A. and C. TERRANOVA. *Pre-Collapse Space Geodetic Observations of Critical Infrastructure: The Morandi Bridge, Genoa, Italy*. *Remote Sens.* 11 (2019), 1403; doi:10.3390/rs11121403.
- [14] LA REPUBBLICA. *Genova, crollo ponte Morandi: le vittime*, [cit. 24.07.2020]. Dostupné z: http://www.repubblica.it/cronaca/2018/08/15/foto/genova_crolla_il_ponte_morandi_le_vittime-204165340/2018
- [15] THE NEW YORK TIMES. *Genoa Bridge Collapse Throws Harsh Light on Benetton's Highway Billions* [cit. 24.07.2020]. Dostupné z: <https://www.nytimes.com/2019/03/05/world/europe/genoa-bridge-italy-autostrade-benetton.html> 2019
- [16] CORRIERE DELLA SERA. *Dieci i ponti crollati in 5 anni: in calo la manutenzione e gli investimenti*. [cit. 24.07.2020]. Dostupné z: https://www.corriere.it/cronache/18_agosto_14/dieci-ponti-crollati-5-anni-in-calo-investimenti-manutenzione-8bd5fb56-9fb8-11e8-9437-bcf7bbd7366b.shtml?refresh_ce_cp_2018
- [17] DOMUSWEB. *Demolition of Genoa's Ponte Morandi is underway*. [cit. 24.07.2020]. Dostupné z: <https://www.domusweb.it/en/news/2018/12/17/demolition-of-morandi-bridge-begins-in-genoa.html> 2018
- [18] BBC NEWS. *Morandi bridge towers demolished in Genoa*. [cit. 24.07.2020]. Dostupné z: <https://www.bbc.co.uk/news/av/world-europe-48797883/morandi-bridge-towers-demolished-in-genoa> 2019
- [19] ADNKRONOS. *Genova, si aggrava bilancio: 43 morti*. [cit. 24.07.2020]. Dostupné z: http://www.adnkronos.com/fatti/cronaca/2018/08/18/autosotto-macerie-del-ponte-trovate-altre-vittime_knFsFaQjR1RH2JohWTHroJ.html 2018
- [20] IDNES. *14 sekund. Italská prokuratura zveřejnila zřícení janovského mostu*. [cit. 24.07.2020]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/zpravy/zahranicni/most-zriceni-janov-italie-srpen-mrtvi-video-policie-statni-zastupitelstvi.A190701_214733_zahranicni_lesa_2019
- [21] PROCHÁZKOVÁ, D., PROCHÁZKA J. *Measures for Improvement of Bridges Safety Management*. In: *Critical Infrastructure Protection Proceedings*. Milan: IACIPP Association 2019, www.cip-association.org

- [22] FLAMMINI F., PRAGLIOLA C. AND G. SMARRA. *Railway infrastructure monitoring by drones*, 2016 International Conference on Electrical Systems for Aircraft, Railway, Ship Propulsion and Road Vehicles & International Transportation Electrification Conference (ESARS-ITEC), Toulouse 2016, pp. 1-6, doi: 10.1109/ESARS-ITEC.2016.7841398.
- [23] KREISLOVA K., GEIPLOVA H. A Z. BARTAK. Sensors for atmospheric corrosivity monitoring. In: *Řízení rizik procesů spojených s technickými díly 2018*. Praha: ČVUT 2018, pp. 171-184, ISBN: 978-80-01-06515-0.
- [24] PETRÁSEK P., ŽEMLIČKA F., SVOBODA V. a V. VAŘÁK. Diagnostika Mostních Konstrukcí Metodou Akustické Emise. In: *Defektoskopie 2009*. Dostupné z: <https://www.ndt.net/article/defektoskopie2009/papers/Petrasek-Svoboda-8.pdf>

Poděkování

Autoři děkují podpoře z projektu PRKODI, financovaného TAČR s identifikačním číslem CK01000095.

Recenzoval

Jana Victoria Martincová Ing. Ph.D., ÚSI VUT v Brně, odborný pracovník, Purkyňova 464/118, Brno, jana.victoria.martincova@usi.vutbr.cz

VLIV POZEMKOVÝCH ÚPRAV VE VYBRANÝCH KATASTRÁLNÍCH ÚZEMÍCH JIHOMORAVSKÉHO KRAJE NA CENU ZEMĚDĚLSKÝCH POZEMKŮ

INFLUENCE OF LAND CONSOLIDATION IN SELECTED CADASTRAL TERRITORIES OF THE SOUTH MORAVIAN REGION ON THE PRICE OF AGRICULTURAL LAND

Augustin Sadílek¹

Abstrakt

Pozemkové úpravy jsou jedním z klíčových nástrojů rozvoje venkova, a to především v oblasti ochrany a tvorby zemědělské krajiny, racionalizace zemědělské výroby, ochrany půdy a vody, zlepšení hospodaření s vodou, zvýšení rozmanitosti krajiny a stabilizace jejích hlavních rysů.

V současné době patří komplexní pozemkové úpravy rovněž mezi nástroje v boji proti klimatickým změnám (povodně i sucho).

Tento příspěvek se zabývá vlivem realizace komplexních pozemkových úprav v několika náhodně vybraných katastrálních územích v rámci Jihomoravského kraje na kupní cenu zemědělských pozemků.

Abstract

Land consolidation is one of the key tools for rural development, especially in the field of protection and creation of agricultural landscape, rationalization of agricultural production, soil and water protection, improved water management, increased landscape diversity and the stabilization of its main features.

Currently land consolidation is also one of tools for combating climate changes (flood and droughts).

This paper deals with the influence of the implementation of complex land consolidation in several randomly selected cadastral areas within the South Moravian Region on the purchase price of agricultural land.

Klíčová slova

Pozemkové úpravy; komplexní pozemkové úpravy; kupní cena; průměrné kupní ceny; zemědělské pozemky.

Keywords

Land consolidation; complex land consolidation; purchase price; average purchase prices; agricultural land.

1. ÚVOD

Tento příspěvek se zabývá pozemkovými úpravami a jejich vlivem na kupní cenu zemědělských pozemků.

Pozemkové úpravy jsou jedním z klíčových nástrojů rozvoje venkova, a to především v oblasti tvorby a ochrany zemědělské krajiny, racionalizace zemědělské výroby, ochrany půdy a vody, zlepšení hospodaření s vodou, zvýšení rozmanitosti krajiny a stabilizace jejích hlavních rysů. V současné době patří pozemkové úpravy rovněž mezi nástroje v boji proti klimatickým změnám (povodně i sucho).

Celková výměra půdního fondu ČR je 7 887 101 ha (stav k datu 31. 12. 2020). Zemědělské pozemky mají celkovou výměru 4 200 204 ha, a tvoří tak 53,25 % celkové výměry půdního fondu ČR. Lesní pozemky mají celkovou výměru 2 677 329 ha, a tvoří 33,95 % celkové výměry půdního fondu. Vodní plochy mají celkovou výměru 167 248 ha, a tvoří 2,12 % celkové výměry půdního fondu. V rámci zemědělských pozemků mají největší zastoupení pozemky evidované v katastru nemovitostí jako orná půda (69,8 %, tj. 2 931 713 ha), následují pozemky evidované jako trvalé travní porosty (24,3 %, tj. 1 022 686 ha), zahrady (4,1 %, tj. 172 056 ha), ovocné sady (1,0 %, tj. 44 022 ha), vinice (0,5 %, tj. 20 179 ha) a chmelnice (0,2 %, tj. 9 548 ha). [1]

Celková výměra zemědělského půdního fondu k datu 31. 12. 2017 činila 4 205 tis. ha. Podíl zemědělské půdy tak představoval 53,3 % celkové rozlohy půdního fondu ČR. Procento zornění činilo 70,4 %. V ČR je určitou formou vodní eroze ohroženo 54 % zemědělské půdy. Ztráta půdy je vyčíslena na cca 21 mil. tun ornice za rok, což lze vyjádřit jako ekonomickou ztrátu minimálně 4,2 mld. Kč. Různým stupněm větrné eroze je v ČR ohroženo cca 18 % zemědělské půdy. Za období od roku 1999 do roku 2017 ubylo celkem 77 tis. ha zemědělské půdy, což v průměru představuje cca 4 tis. ha ročně a více než 11 ha za den. Utužením je ohroženo cca 49 % zemědělských půd. [2]

¹ Augustin Sadílek, Ing., Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Purkyňova 464/118, 612 00 Brno, e-mail: augustin.sadilek@usi.vutbr.cz

Půda představuje významnou složku životního prostředí s širokým rozsahem funkcí. Je základním výrobním prostředkem v zemědělství a lesnictví. Je ovšem ohrožena celou řadou procesů, které vedou k omezení nebo až zničení schopnosti půdy plnit své základní produkční a mimoprodukční (ekologické) funkce. Obecnými příčinami ohrožení či zničení půd jsou urbanizace, válečné události, klimatické změny, těžba surovin a řada dalších lidských aktivit. Existuje pět základních typů degradace půdy: eroze (vodní a větrná), debazifikace a acidifikace (okyselování), fyzikální degradace (utužení), dehumifikace (ztráta či úbytek organické hmoty) a znečištění a kontaminace půd. O všech typech půdní degradace platí, že všechny příčiny a následky jsou vzájemně spjaty, a že jedna primární forma degradace podmiňuje vznik sekundárních forem, a tím i celkové zrychlení procesu degradace až destrukce půd. Půdu je proto třeba trvale udržovat ve „zdravém“ stavu“. [3]

Zemědělský půdní fond je základním přírodním bohatstvím a současně jednou z hlavních složek životního prostředí. Je nenahraditelným výrobním prostředkem umožňujícím zemědělskou výrobu. Zemědělská krajina (zemědělsky využívané pozemky) tvoří cca 53 % rozlohy České republiky. Svoji rozlohou tak významným způsobem tvoří naše životní prostředí. Základním způsobem adaptace na změny klimatu, který je uplatnitelný v celém zemědělském sektoru, je důsledná ochrana zemědělské půdy a zvyšování retenční kapacity zemědělské a lesní krajiny k zadržení vody. To je základem řešení následků klimatické změny v oblastech sucha, v oblastech zdrojů pitné vody i protipovodňových opatření.

Novodobé pozemkové úpravy probíhají na území České republiky již téměř třicet let. Za tu dobu byla pozemkovými úpravami vyřešena přibližně jedna třetina výměry zemědělského půdního fondu České republiky a v krajině bylo následně vybudováno více než 3,5 tisíce kilometrů polních cest, stovky kilometrů dalších liniových opatření sloužících zejména ke zvýšení protierozní a protipovodňové ochrany jako jsou např. protierozní meze, průlehy a protipovodňové hráze a příkopy, dále byly zrealizovány stovky hektarů vodních nádrží, rybníků a mokřadů, a také rozsáhlé plochy opatření ke zvýšení ekologické stability krajiny, zejména v podobě prvků územních systémů ekologické stability (ÚSES). [4]

2. POZEMKOVÉ ÚPRAVY

Pojem pozemková úprava je spojen s organizací zemědělského půdního fondu. Úlohou pozemkových úprav je vytvoření podmínek pro zlepšení životního prostředí, ochranu a zúrodnění půdního fondu, vodní hospodářství a zvýšení ekologické stability krajiny. Pozemkové úpravy jsou také významným nástrojem rozvoje venkova, zejména tam, kde je třeba ve veřejném zájmu zasáhnout do území budováním plošných či liniových staveb (např. silniční a železniční koridory). Pozemkové úpravy se výrazně uplatňují zejména při budování drobných opatření, která zpomalují odtok vody z území, zabraňují erozi půdy a zvyšují retenční schopnost krajiny. S ochranou půdy je velmi úzce provázána ochrana vod. [3]

Pozemkové úpravy jsou multifunkčním nástrojem pro dlouhodobý a trvale udržitelný rozvoj území, který jako jediný v České republice komplexně řeší venkovský prostor (zemědělskou krajinu) a to včetně realizace veřejně prospěšných staveb. V rámci celého procesu pozemkových úprav je ročně proinvestováno cca 1,5 mld. Kč. [5]

Provádění pozemkových úprav se řídí provázanou soustavou zákonů, vyhlášek a technických předpisů.

Dne 1. ledna 2003 nabyl účinnosti zákon č. 139/2002 Sb., o pozemkových úpravách a pozemkových úřadech a o změně zákona č. 229/1991 Sb., o úpravě vlastnických vztahů k půdě a jinému zemědělskému majetku, ve znění pozdějších předpisů (dále jen „zákon o PÚ“).

Od 1. ledna 2013 je účinný zákon č. 503/2012 Sb., o Státním pozemkovém úřadu a o změně některých souvisejících zákonů (dále jen „zákon o SPÚ“). Tímto zákonem byl zřízen Státní pozemkový úřad (dále jen „SPÚ“), rovněž jím došlo mj. k rozsáhlé novelizaci zákona o PÚ. SPÚ se stal věcně příslušným úřadem k provádění řízení o pozemkových úpravách. Agenda pozemkových úprav je na ústředí SPÚ zajišťována především Odborem metodiky a řízení pozemkových úprav a na 14 krajských pozemkových úřadech odděleními pozemkových úprav. Řízení o pozemkových úpravách dle zákona o PÚ zajišťuje 64 poboček krajských pozemkových úřadů, jejichž územní působnost odpovídá území jednoho nebo více okresů. Následně došlo k několika dalším novelizacím zákona o PÚ. Rovněž zákon o SPÚ byl opakovaně novelizován. Prováděcím předpisem k zákonu o PÚ byla původně vyhláška č. 545/2002 Sb., o postupu při provádění pozemkových úprav a náležitostech návrhu pozemkových úprav. Tato vyhláška však již plně nekorespondovala s novelizovanou verzí zákona, nereagovala na nové poznatky z praxe, ani na existenci nových právních předpisů. Z toho důvodu bylo třeba přikročit k vytvoření nového prováděcího předpisu. Tímto předpisem je s účinností od 1. února 2014 vyhláška č. 13/2014 Sb., o postupu při provádění pozemkových úprav a náležitostech návrhu pozemkových úprav (dále jen „vyhláška o postupu při PÚ“).

Státní pozemkový úřad postupuje při provádění pozemkových úprav také podle „Metodického návodu k provádění pozemkových úprav“, který je pro jednotlivá pracoviště provádějící tyto pozemkové úpravy a jejich činnost závazný. Zpracovatelé pozemkových úprav jsou jím rovněž vázáni, a to prostřednictvím smlouvy o dílo.

S pozemkovými úpravami úzce souvisí také další právní předpisy:

- zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu, ve znění pozdějších předpisů,

- zákon č. 89/2012 Sb., občanský zákoník, ve znění pozdějších předpisů,
- zákon č. 500/2004 Sb., správní řád, ve znění pozdějších předpisů,
- zákon č. 256/2013 Sb., o katastru nemovitostí (katastrální zákon), ve znění pozdějších předpisů,
- vyhláška č. 357/2013 Sb., o katastru nemovitostí (katastrální vyhláška), ve znění pozdějších předpisů.

V preambuli zákona č. 229/1991 Sb., o úpravě vlastnických vztahů k půdě a jinému zemědělskému majetku, ve znění pozdějších předpisů (dále jen „zákon o půdě“), je mj. uvedeno, že jedním z cílů tohoto zákona je dosáhnout zlepšení péče o zemědělskou a lesní půdu obnovením původních vlastnických vztahů k půdě a upravit vlastnické vztahy k půdě v souladu se zájmy hospodářského rozvoje venkova i v souladu s požadavky na tvorbu krajiny a životního prostředí.

Nástrojem pro splnění těchto cílů zákona jsou pozemkové úpravy, které pak jsou v § 19 odst. 1 tohoto zákona definovány takto:

„Pozemkovými úpravami jsou změny v uspořádání pozemků v určitém území provedené za účelem vytvoření půdně ucelených hospodářských jednotek podle potřeb jednotlivých vlastníků půdy a s jejich souhlasem a podle celospolečenských požadavků na tvorbu krajiny, životního prostředí a na investiční výstavbu.“

V § 2 zákona o PÚ jsou pozemkové úpravy širěji a podrobněji definovány takto:

„Pozemkovými úpravami se ve veřejném zájmu prostorově a funkčně uspořádávají pozemky, scelují se nebo dělí a zabezpečuje se jimi přístupnost a využití pozemků a vyrovnání jejich hranic tak, aby se vytvořily podmínky pro racionální hospodaření vlastníků půdy. V těchto souvislostech původní pozemky zanikají a zároveň se vytvářejí pozemky nové, k nimž se uspořádávají vlastnická práva a s nimi související věcná břemena v rozsahu rozhodnutí podle § 11 odst. 8. Současně se jimi zajišťují podmínky pro zlepšení kvality života ve venkovských oblastech včetně napomáhání diverzifikace hospodářské činnosti a zlepšování konkurenceschopnosti zemědělství, zlepšení životního prostředí, ochranu a zúrodnění půdního fondu, lesní hospodářství a vodní hospodářství zejména v oblasti snižování nepříznivých účinků povodní a sucha, řešení odtokových poměrů v krajině a zvýšení ekologické stability krajiny. Výsledky pozemkových úprav slouží pro obnovu katastrálního operátu a jako neopomenutelný podklad pro územní plánování.“

Předmětem pozemkových úprav jsou dle § 3 zákona o PÚ všechny pozemky v obvodu pozemkových úprav bez ohledu na dosavadní způsob využívání a existující vlastnické a užívací vztahy.

Pozemkové úpravy mohou mít dle § 4 zákona o PÚ dvě formy:

- Jednoduché pozemkové úpravy (JPÚ), které řeší pouze některé hospodářské potřeby (např. urychlené scelení pozemků, zpřístupnění pozemků) nebo ekologické potřeby v krajině (např. lokální protierozní nebo protipovodňová opatření), případně pokud je třeba urychleně do krajiny umístit a realizovat taková opatření, která budou reflektovat na aktuální meteorologické vlivy, nebo když se mají pozemkové úpravy týkat jen části katastrálního území, resp. v něm vybraného problému.

Jednoduchými pozemkovými úpravami lze provést také upřesnění nebo rekonstrukci přídělů půdy. V případě jednoduchých pozemkových úprav lze upustit od zpracování plánu společných zařízení.

- Komplexní pozemkové úpravy (KoPÚ), které jsou obvyklou formou pozemkových úprav. Představují komplexní řešení zpravidla celého katastrálního území (mimo zastavěné území) včetně zpřístupnění pozemků, protierozní ochrany, vodohospodářských opatření a ekologické stability území.

Jejich rozsah musí splňovat veškeré náležitosti definované zákonem a zvláštním předpisem. Tímto zvláštním předpisem je vyhláška o postupu při PÚ.

Dle § 19 odst. 2 zákona o půdě SPÚ rozhoduje o provedení pozemkových úprav a v souvislosti s tím o výměně nebo přechodu vlastnických práv, o určení hranic pozemků nebo o zřízení či zrušení věcných břemen na základě dohody vlastníků. Pokud se vlastníci nedohodnou, rozhoduje SPÚ za podmínek stanovených zákonem, toto rozhodnutí přezkoumá na základě návrhu účastníka soud.

Návrhu nového uspořádání pozemků vlastníků předchází dle § 9 odst. 8 zákona o PÚ zpracování plánu společných zařízení, kterými jsou zejména:

- a) opatření sloužící ke zpřístupnění pozemků jako polní nebo lesní cesty, mostky, propustky, brody, železniční přejezdy a podobně,
- b) protierozní opatření pro ochranu půdního fondu jako protierozní meze, průlehy, zasakovací pásy, záchytné příkopy, terasy, větrolamy, zatravnění, zalesnění a podobně,
- c) vodohospodářská opatření sloužící k neškodnému odvedení povrchových vod a ochraně území před záplavami jako nádrže, rybníky, úpravy toků, odvodnění, ochranné hráze, suché poldry a podobně,

- d) opatření k ochraně a tvorbě životního prostředí, zvýšení ekologické stability jako místní systémy ekologické stability, doplnění, případně odstranění zeleně a terénní úpravy a podobně.

V případě společných zařízení technického charakteru jde o nové stavby nebo o rekonstrukce, popřípadě modernizace stávajících.

Řada těchto opatření působí jako opatření zlepšující životní prostředí v dané oblasti. Tato opatření zlepšují obhospodařování a ochranu zemědělské půdy, také působí jako opatření zlepšující ochranu vod a hospodaření s vodami, působí protierozně, slouží jako protipovodňová opatření nebo naopak jako opatření k zadržení, akumulaci a retenci vody v krajině nebo ke zpomalení jejího odtoku, a tak jsou nástrojem boje proti suchu. Rovněž tato opatření přispívají ke zvýšení ekologické stability krajiny a tím znovu zvyšují schopnost krajiny odolávat extrémním výkyvům počasí (vysoké teploty a dlouhotrvající sucho, extrémní přívaly srážek a lokální či plošné povodně a záplavy).

Plán společných zařízení je stěžejním dokumentem celé pozemkové úpravy. Právě v něm je možno navrhnout celou řadu prvků či opatření plnicích veřejný zájem, které lze rozdělit na opatření ke zpřístupnění pozemků, protierozní opatření, vodohospodářská opatření a opatření k ochraně a tvorbě životního prostředí. V rámci plánu společných zařízení se velmi často jednotlivé typy opatření mezi sebou kombinují a vhodně se tak doplňují. [5]

Plán společných opatření tvoří základní kostru budoucího nového uspořádání pozemků jednotlivých vlastníků půdy. Tvoří ho systém dopravních cest (zpevněné a nezpevněné účelové komunikace – polní a lesní cesty), vodohospodářských, půdo-ochranných a protierozních opatření (příkopy, průlehy, zasakovací pásy, větrolamy, hráze, retenční nádrže apod.) a prvky územního systému ekologické stability (biokoridory, biocentra a interakční prvky). Podkladem pro jeho zpracování je analýza veškerých dostupných podkladů, a především provedení podrobného terénního průzkumu řešeného území. Podrobný průzkum terénu a jeho vyhodnocení se provádí v celém obvodu pozemkové úpravy. V případě potřeby ochrany pozemků před vodní erozí a povodněmi, případně řešení dalších opatření v oblasti vod, se šetření provádí také v lokalitách navazujících (v dílčím povodí). Podrobný průzkum slouží pro optimální zpracování návrhu pozemkových úprav a kvalitní zpracování plánu společných zařízení. Plán společných zařízení naplňuje jeden z hlavních cílů pozemkových úprav ve smyslu vytváření podmínek k racionálnímu hospodaření a k zabezpečení ochrany přírodních zdrojů.

Realizace prvků plánu společných zařízení je prováděna až po ukončení správního řízení o pozemkových úpravách. Limitujícím prvkem celého procesu pozemkových úprav, a tedy i realizace společných zařízení, je obvod pozemkových úprav (mimo tento obvod nelze provádět žádná opatření a stavby z rozpočtu pozemkové úpravy).

Realizace společných zařízení v rámci pozemkových úprav znamená kromě nových polních cest, také nové vodní nádrže (nebo obnovu původních), ochranu zastavěných území obcí neškodným odvedením povrchových vod, doplnění zeleně v krajině a omezení eroze. Pozemkové úpravy řeší dané území uceleně a ve veřejném zájmu se jimi prostorově a funkčně uspořádávají pozemky, scelují se nebo se dělí a zabezpečuje se jejich přístupnost a využití, vyrovnání hranic a vytvoření podmínek pro racionální hospodaření vlastníků půdy. Původní pozemky zanikají a zároveň se vytváří pozemky nové, k nimž se uspořádávají vlastnická práva a věcná břemena. Pozemkové úpravy současně zajišťují podmínky pro zlepšení kvality života ve venkovských oblastech včetně diverzifikace hospodářské činnosti a zlepšování konkurenceschopnosti zemědělství. Dalším efektem pozemkových úprav je zlepšení kvality životního prostředí, ochrana a zúrodnění půdního fondu, úprava vodního hospodářství zejména v oblasti snižování nepříznivých účinků povodní, řešení odtokových poměrů, vytváření retenčních prostorů v krajině a v neposlední řadě zvýšení ekologické stability krajiny. Společná zařízení jsou nejčastěji realizována z prostředků Programu rozvoje venkova, Operačního programu Životní prostředí, případně také z vlastních zdrojů obce. [6] [7]

Cíle pozemkových úprav:

- obnovení osobního vztahu lidí k zemědělské půdě a krajině s důrazem na zvýšení kvality života na venkově, zpřístupnění pozemků jejich vlastníkům a celkové zvýšení přístupnosti krajiny,
- vytvoření podmínek pro racionální hospodaření na zemědělských pozemcích,
- rozvoj trhu s půdou směrem k zemědělství,
- důsledná ochrana zemědělské půdy,
- ochrana kvality vody, zvýšení její retence v krajině a minimalizace povodňových škod,
- obnovení struktury krajiny, zvýšení její biodiverzity a celkové ekologické stability. [6] [7]

Význam pozemkových úprav pro obce:

- vyřešení vlastnických vztahů k pozemkům,
- dohledání doposud nezapsaného obecního majetku a jeho optimální rozmístění v kontextu s veřejně prospěšnými záměry v krajině,
- možnost převedení pozemků pod navrženými společnými zařízeními do vlastnictví obce, což vede ke zjednodušení jejich budoucí realizace,
- realizace prvků společných zařízení přecházejících do majetku obce pozemkovým úřadem ze státních prostředků nebo zdrojů EU, pokud není stanoveno jinak,
- snížení pohybu zemědělské techniky uvnitř obce v důsledku realizace polních cest v extravilánu,

- zlepšení prostupnosti krajiny vybudováním sítě polních cest a jejich všestranným využitím (např. jako cyklotras a tím zatraktivnění oblastí pro turistiku),
- vyřešení neškodného odvedení povrchových vod a ochrany území před záplavami pomocí realizace protierozních a vodohospodářských opatření,
- zvýšení ekologické stability, pestrosti a retenční schopnosti krajiny realizací interakčních prvků a místních prvků územního systému ekologické stability (ÚSES),
- konkretizace některých prvků dle územního plánu do úrovně vlastnických parcel,
- nové uspořádání pozemků tak, aby byly přístupné a zemědělsky využitelné i po realizaci výstavby prvků veřejné infrastruktury (např. obchvatů obcí, silničních a železničních koridorů apod.). [6] [7]

Význam pozemkových úprav pro vlastníky a uživatele (nájemce) pozemků:

- upřesnění vlastnictví pozemků co do výměry i jejich polohy,
- úprava tvaru pozemků a možnost jejich scelení,
- možnost reálného rozdělení spoluvlastnictví pozemků,
- bezplatné první vytyčení nových pozemků v terénu,
- zpřístupnění pozemků vytvořením sítě polních cest,
- zvýšení tržní ceny pozemků,
- možnost zahájení užívání svých pozemků (před pozemkovou úpravou nepřístupných),
- ukončení zatímního užívání cizích pozemků,
- uzavření nových nájemních (pachtovních) smluv na již zcela přesnou výměru jednotlivých parcel,
- vyšší efektivita využití pozemků včetně stabilizace jejich užívání,
- vytyčení lesních pozemků (v případě jejich řešení v pozemkových úpravách),
- ochrana pozemků před znehodnocením erozí. [6] [7]

Význam pozemkových úprav pro katastr nemovitostí:

- obnova katastrálního operátu,
- vznik digitální katastrální mapy,
- promítnutí skutečného stavu do katastru nemovitostí a odstranění nesouladů,
- přesné výměry jednotlivých parcel,
- odstranění parcel zjednodušené evidence,
- zahuštění polohového bodového pole,
- dořešení doposud nedokončeného scelovacího a přidělového řízení,
- vyřešení duplicitních vlastnictví,
- dohledání dosud neznámých vlastníků, případně dědiců zemřelých vlastníků,
- oprava případných nesprávných údajů o vlastnících nemovitostí. [6] [7]

Hlavními nástroji veřejné správy, které zásadně ovlivňují podobu a způsoby ochrany a tvorby polyfunkční harmonické a udržitelné kulturní krajiny jsou územní plány a pozemkové úpravy.

V obou případech se jedná o propracované procesy s poměrně dlouhou tradicí a vývojem, mající v plánování a přetváření nezastavěného území, zejména zemědělské krajiny, pevnou pozici a nezastupitelné místo. Společným cílem obou nástrojů je promítnutí a specifikace veřejných zájmů do zemědělské krajiny. Průnikem obou procesů jsou zejména návrh plánu společných zařízení pozemkových úprav a vymezení veřejně prospěšných staveb a veřejně prospěšných opatření v návrzích územního plánu. V těchto bodech jsou vyjádřeny veřejné zájmy pro další rozvoj území. Úzká vzájemná koordinace pozemkových úprav a územních plánů (dvou důležitých plánovacích dokumentací řešících venkovský prostor /krajinu/) a jejich vzájemná návaznost jsou proto nezbytné. [8]

Územní plánování a pozemkové úpravy jsou vzájemně provázané související obory, jejichž nástroje (územní plán a plán společných zařízení) zásadním způsobem ovlivňují podobu, využití a ochranu krajiny v budoucnu. Oba tyto nástroje mají mnoho odlišností, a proto je velmi těžké, ale současně také velmi důležité, je vzájemně zkoordinovat a provázat. V územním plánu bývá sice pojednána zemědělská krajina, ovšem bez potřebné podrobné analýzy území a bez vazeb na vlastníky pozemků. Přenést návrhy na uspořádání prostoru (lokalizace ÚSES, vodohospodářských opatření, cest apod.) je často velmi obtížné bez potřebných úprav a změn územně plánovací dokumentace. Plán společných zařízení musí být v souladu s platnou územně plánovací dokumentací. Není-li návrh plánu společných zařízení v souladu s územně plánovací dokumentací, je návrhem na její aktualizaci či změnu. [4]

K výsledkům pozemkových úprav patří to, že se venkovská zemědělská krajina stává členitější, a tím pádem také odolnější, a to nejen extrémním výkyvům počasí a změně klimatu. Do krajiny se kromě nově budovaných či obnovovaných polních cest vracejí také větrolamy, stromořadí, aleje, ale i solitérní stromy, mokřady, rybníky a vodní nádrže, a další protierozní a vodohospodářská opatření. To přispívá rovněž ke zvýšení biologické rozmanitosti (biodiverzity) v územích s dokončenými pozemkovými úpravami. Výsledkem dobře uspořádané a fungující krajiny by mělo být také omezení povrchového odtoku vody, snížení eroze půdy, ale i zvýšení kvality povrchových a podpovrchových vod v území, jehož se pozemkové úpravy týkají. Soubor protierozních a protipovodňových opatření bývá navrhován již při projektování návrhu pozemkových úprav.

Pozemkové úpravy zasahují významným způsobem do rozvoje obcí a přispívají k jejich rozvoji, jsou proto významným nástrojem rozvoje venkova. Jejich realizací se vyjasňuje vlastnická struktura pozemků, snižuje se počet parcel, zlepšuje se dopravní dostupnost pozemků, zlepšuje obhospodařování pozemků, zlepšuje hospodaření s vodou v krajině, zlepšuje se ochrana a tvorba životního prostředí.

Komplexní pozemkové úpravy řeší ve většině případů dané katastrální území uceleně, ve veřejném zájmu se prostorově a funkčně uspořádávají pozemky, scelují se nebo dělí, zabezpečuje se jejich přístupnost, vyrovnání hranic a vytvoření podmínek pro racionální hospodaření. Současně se zvyšuje prostupnost zemědělské krajiny a zajišťují se podmínky pro zlepšení kvality života ve venkovských oblastech. Realizovaná společná zařízení po pozemkových úpravách zlepšují kvalitu životního prostředí, zvyšují ekologickou stabilitu krajiny a ochranu zemědělského půdního fondu. Ve zpracovaném území dochází k úpravám vodního režimu, zejména v oblasti snižování nepříznivých účinků přívalových dešťů, povodní a sucha, k řešení odtokových poměrů a vytváření retenčních prostorů v krajině. Současně dochází k ochraně a zvýšení estetické a rekreační hodnoty území a jeho krajinného rázu. Proces pozemkových úprav je tak nedílnou součástí rozvoje venkova, multifunkčního zemědělství a celé agroenvironmentální politiky.

3. VLIV POZEMKOVÝCH ÚPRAV NA KUPNÍ CENU ZEMĚDĚLSKÝCH POZEMKŮ

Jak bylo uvedeno výše, je v publikacích *Pozemkové úpravy "krok za krokem"* [6] a *Pozemkové úpravy: nástroj pro udržitelný rozvoj venkovského prostoru* [7] uvedeno, že pozemkové úpravy zvyšují tržní ceny pozemků. Toto tvrzení se autor tohoto příspěvku rozhodl ověřit na několika náhodně vybraných případech již realizovaných komplexních pozemkových úprav v rámci regionu Jihomoravského kraje.

3.1 Metodika

Ve třech náhodně vybraných katastrálních územích v rámci Jihomoravského kraje, ve kterých již v minulosti proběhly komplexní pozemkové úpravy, se porovnají průměrné kupní ceny zemědělských pozemků před realizací pozemkových úprav s průměrnými kupními cenami zemědělských pozemků po dokončení pozemkových úprav.

Realizované kupní ceny zemědělských pozemků byly zjišťovány přímo z textu příslušných kupních smluv, které byly pro tento účel získány dálkovým přístupem do katastru nemovitostí včetně sbírky listin (<https://www.cuzk.cz/aplikace-dp>).

Pokud byly zjištěny u některých prodejů mimořádné okolnosti trhu, osobní poměry prodávajícího nebo kupujícího nebo vliv zvláštní obliby, byly tyto cenové vzorky z hodnocení vyloučeny.

Limitujícím faktorem tohoto průzkumu je skutečnost, že cenové údaje se v katastru nemovitostí evidují až od 1. ledna 2014, což omezuje možnosti zkoumání dříve dokončených pozemkových úprav.

Takto zjištěné kupní ceny zemědělských pozemků byly statisticky vyhodnoceny a bylo provedeno porovnání průměrných kupních cen zemědělských pozemků před pozemkovou úpravou a po skončení pozemkové úpravy.

Průměrné kupní ceny zemědělských pozemků v těchto katastrálních územích byly rovněž porovnány s průměrnými kupními cenami zemědělských pozemků v České republice na základě údajů zveřejněných Českým statistickým úřadem.ⁱ

3.2 Analýza vybraných komplexních pozemkových úprav

V náhodně vybraných katastrálních územích v rámci Jihomoravského kraje, ve kterých již v minulosti proběhly komplexní pozemkové úpravy, se porovnají kupní ceny zemědělských pozemků před realizací pozemkových úprav s kupními cenami po dokončení pozemkových úprav.

3.2.1 Komplexní pozemkové úpravy v k.ú. Knínice u Boskovic

Městys Knínice se nachází v severovýchodní části okresu Blansko, a spadá pod obec s rozšířenou působností Město Boskovice.

Městys je tvořen pouze jedním katastrálním územím (Knínice u Boskovic). Celková katastrální výměra obce je 1120 ha. Průměrná nadmořská výška obce je 377 m nad mořem. Obec se nachází v úrodné oblasti tzv. Malé Hané v Boskovické brázdě.

Správu katastru nemovitostí zde vykonává Katastrální úřad pro Jihomoravský kraj, Katastrální pracoviště Boskovice.

Dle údajů evidovaných Českým statistickým úřadem má tato obec 916 obyvatel. [9]

Komplexní pozemkové úpravy v k.ú. Knínice u Boskovic byly zahájeny dne 27. 1. 2012 a dokončeny dne 29. 3. 2016 zápisem do katastru nemovitostí.

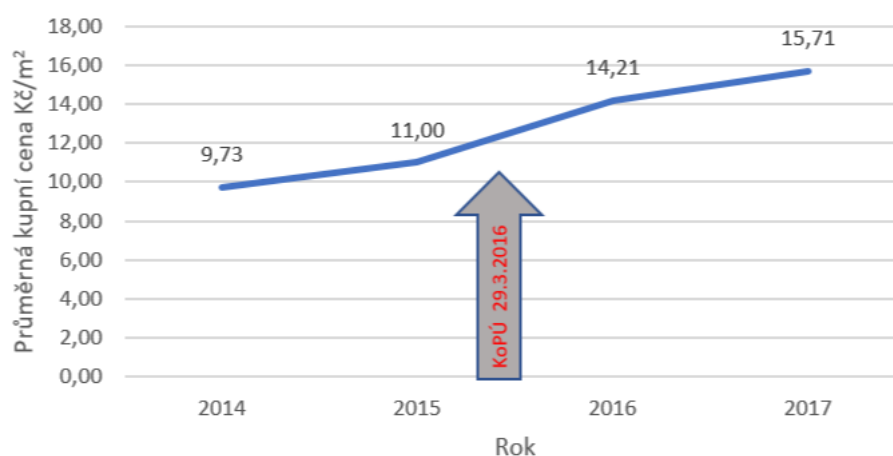
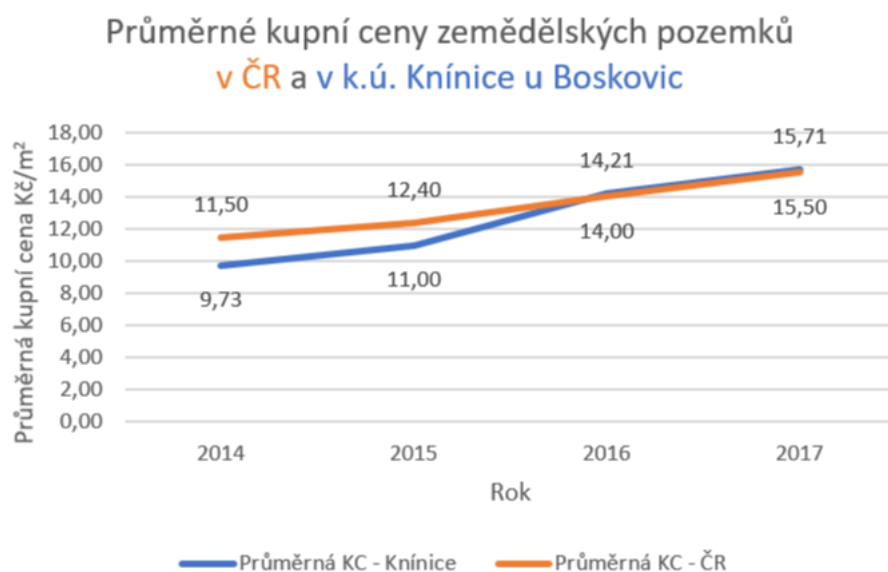
Zpracovatelem pozemkových úprav (projektant) byla firma AGROPROJEKT PSO s.r.o.

Celková výměra obvodu KoPÚ byla 1034 ha. Počet řešených LV 332. Počet parcel před KoPÚ 1469, počet parcel po KoPÚ 1148.

Tab. 1 Průměrné kupní ceny zemědělských pozemků v k.ú. Knínice u Boskovic

Rok	2014	2015	2016	2017
Průměrná kupní cena zemědělských pozemků v k.ú. Knínice u Boskovic [Kč/m ²] ⁱⁱ	9,73	11,00	14,21	15,71
Meziroční růst průměrné kupní ceny v k.ú. Knínice u Boskovic [%]	-	13,05	29,18	10,56
Průměrná kupní cena zemědělských pozemků v ČR [10] [Kč/m ²]	11,50	12,40	14,00	15,50
Meziroční růst průměrné kupní ceny v ČR [%]	-	7,83	12,90	10,71

Průměrné kupní ceny zemědělských pozemků v k.ú. Knínice u Boskovic

**Graf 1** Průměrné kupní ceny zemědělských pozemků v k.ú. Knínice u Boskovic**Graf 2** Průměrné kupní ceny zemědělských pozemků v ČR a v k.ú. Knínice u Boskovic

Z výše uvedené tabulky č. 1 a z grafů č. 1 a 2 je zřejmé, že po zahájení a realizaci komplexních pozemkových úprav v k.ú. Knínice u Boskovic vzrostla průměrná kupní cena (obvyklá cena) zemědělských pozemků v této obci.

Z tabulky rovněž vyplývá, že meziroční růst průměrné kupní ceny zemědělských pozemků byl po zahájení pozemkových úprav v k.ú. Knínice u Boskovic vyšší, než byl meziroční nárůst průměrné kupní ceny zemědělských pozemků v ČR.

Graf č. 2 rovněž naznačuje, že po realizaci komplexních pozemkových úprav v k.ú. Knínice u Boskovic se zvýšila průměrná kupní cena zemědělských pozemků v této obci nad průměrnou kupní cenu zemědělských pozemků v České republice, i když původně před realizací pozemkových úprav celostátního průměru nedosahovala.

3.2.2 Komplexní pozemkové úpravy v k.ú. Jestřebí

Město Rájec-Jestřebí se nachází v centrální části okresu Blansko, a spadá pod obec s rozšířenou působností Město Blansko. Město je označováno jako severní brána Moravského krasu.

Město Rájec-Jestřebí je tvořeno ze čtyř místních částí – katastrálních území Holešín, Jestřebí, Karolín a Rájec nad Svitavou. Sídlní částí obce je Rájec.

Celková katastrální výměra obce je 1566 ha, celková výměra katastrálního území Jestřebí je 332 ha. Průměrná nadmořská výška obce je 295 m nad mořem.

Správu katastru nemovitostí zde vykonává Katastrální úřad pro Jihomoravský kraj, Katastrální pracoviště Blansko.

Dle údajů evidovaných Českým statistickým úřadem má tato obec 3749 obyvatel. [9]

Komplexní pozemkové úpravy v k.ú. Jestřebí byly zahájeny dne 27. 12. 2011 a dokončeny dne 23. 11. 2017 zápisem do katastru nemovitostí.

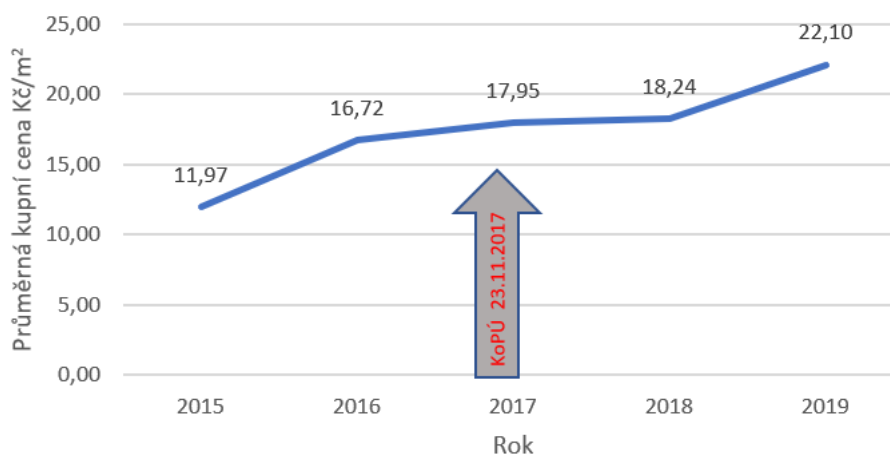
Zpracovatelem pozemkových úprav (projektant) byla firma GB-geodezie, spol. s r.o.

Celková výměra obvodu KoPÚ byla 226,71 ha. Počet řešených LV 167. Počet parcel před KoPÚ 1229, počet parcel po KoPÚ 561.

Tab. 2 Průměrné kupní ceny zemědělských pozemků v k.ú. Jestřebí

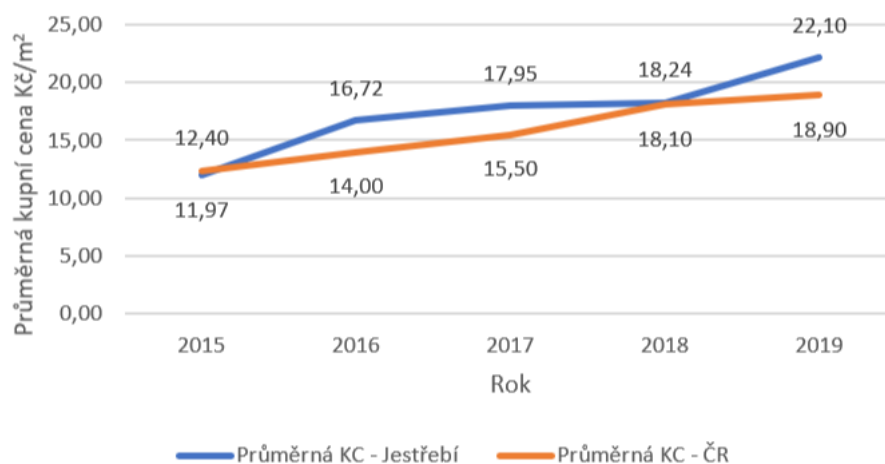
Rok	2015	2016	2017	2018	2019
Průměrná kupní cena zemědělských pozemků v k.ú. Jestřebí [Kč/m ²] ⁱⁱⁱ	11,97	16,72	17,95	18,24	22,10
Meziroční růst průměrné kupní ceny v k.ú. Jestřebí [%]	-	39,68	7,36	1,62	21,16
Průměrná kupní cena zemědělských pozemků v ČR [10] [Kč/m ²]	12,40	14,00	15,50	18,10	18,90
Meziroční růst průměrné kupní ceny v ČR [%]	-	12,90	10,71	16,77	4,42

Průměrné kupní ceny zemědělských pozemků v k.ú. Jestřebí



Graf 3 Průměrné kupní ceny zemědělských pozemků v k.ú. Jestřebí

Průměrné kupní ceny zemědělských pozemků v ČR a v k.ú. Jestřebí



Graf 4 Průměrné kupní ceny zemědělských pozemků v ČR a v k.ú. Jestřebí

Z výše uvedené tabulky č. 2 a z grafů č. 3 a 4 je zřejmé, že po zahájení a realizaci komplexních pozemkových úprav v k.ú. Jestřebí vzrostla průměrná kupní cena (obvyklá cena) zemědělských pozemků v tomto katastrálním území města Rájec-Jestřebí.

Z tabulky č. 2 je zřejmý výrazný nárůst průměrné kupní ceny zemědělských pozemků v k.ú. Jestřebí v roce 2016 (+ 39,68 %), který výrazně převýšil růst průměrné kupní ceny zemědělských pozemků v ČR za toto období (+ 12,90 %). Pouze mírný nárůst průměrné kupní ceny zemědělských pozemků mezi lety 2016 – 2018 byl pravděpodobně dán jen malým počtem realizovaných prodejů v tomto období. V roce 2019 došlo opět k výraznému nárůstu průměrné kupní ceny zemědělských pozemků v k.ú. Jestřebí (+ 21,16 %) oproti nárůstu průměrné kupní ceny zemědělských pozemků v ČR (+ 4,42 %).

Graf č. 4 rovněž naznačuje, že po zahájení komplexních pozemkových úprav se v k.ú. Jestřebí zvýšila průměrná kupní cena zemědělských pozemků nad průměrnou kupní cenu zemědělských pozemků v České republice, a stále je vyšší než celostátní průměr.

3.2.3 Komplexní pozemkové úpravy v k.ú. Měnin

Obec Měnin se nachází v jihovýchodní části okresu Brno-venkov, a spadá pod obec s rozšířenou působností Město Židlochovice.

Obec je tvořena pouze jedním katastrálním územím (Měnin). Celková katastrální výměra obce je 2116 ha. Průměrná nadmořská výška obce je 188 m nad mořem. Obec se nachází v Dyjsko-svrateckém úvalu.

Správu katastru nemovitostí zde vykonává Katastrální úřad pro Jihomoravský kraj, Katastrální pracoviště Brno-venkov.

Dle údajů evidovaných Českým statistickým úřadem má tato obec 1862 obyvatel. [9]

Komplexní pozemkové úpravy v k.ú. Měnin byly zahájeny dne 15. 3. 2011 a dokončeny dne 21. 12. 2018 zápisem do katastru nemovitostí.

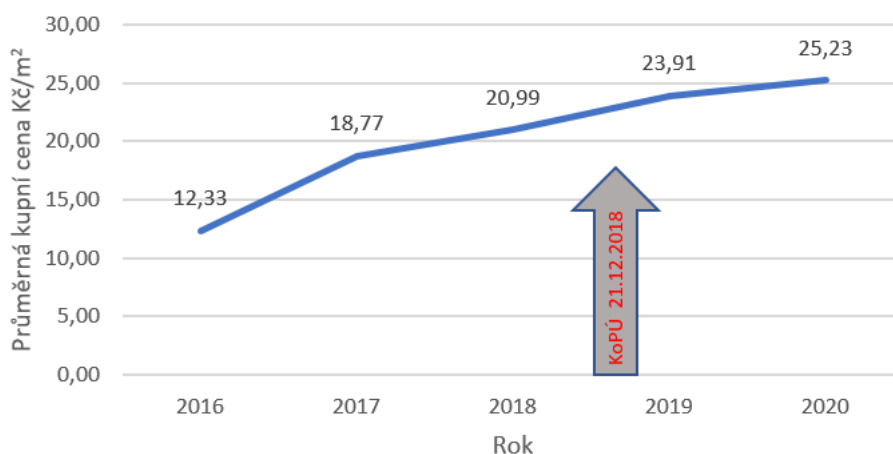
Zpracovatelem pozemkových úprav (projektant) byla firma GEOCENTRUM, spol. s r.o.

Celková výměra obvodu KoPÚ byla 1647,95 ha. Počet řešených LV 675. Počet parcel před KoPÚ 3804, počet parcel po KoPÚ 1344.

Tab. 3 Průměrné kupní ceny zemědělských pozemků v k.ú. Měnin

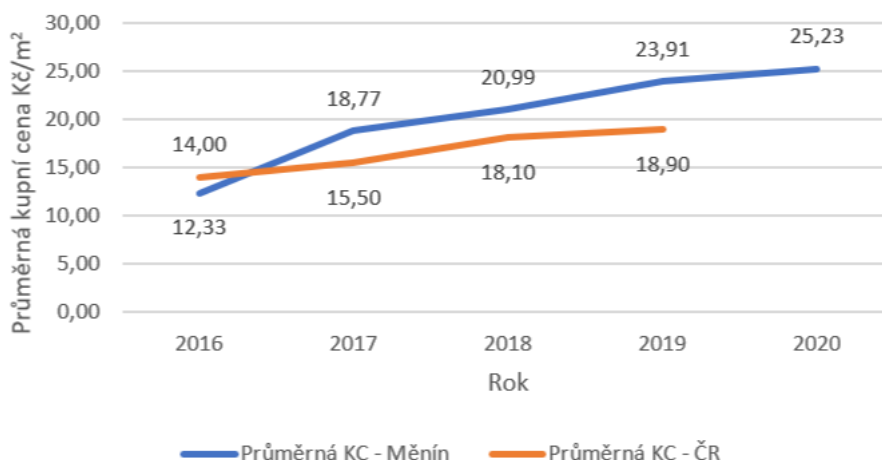
Rok	2016	2017	2018	2019	2020
Průměrná kupní cena zemědělských pozemků v k.ú. Měnin [Kč/m ²] ^{iv}	12,33	18,77	20,99	23,91	25,23
Meziroční růst průměrné kupní ceny v k.ú. Měnin [%]	-	52,23	11,83	13,91	5,52
Průměrná kupní cena zemědělských pozemků v ČR [10] [Kč/m ²]	14,00	15,50	18,10	18,90	v
Meziroční růst průměrné kupní ceny v ČR [%]	-	10,71	16,77	4,42	vi

Průměrné kupní ceny zemědělských pozemků v k.ú. Měnin



Graf 5 Průměrné kupní ceny zemědělských pozemků v k.ú. Měnin

Průměrné kupní ceny zemědělských pozemků v ČR a v k.ú. Měnín



Graf 6 Průměrné kupní ceny zemědělských pozemků v ČR a v k.ú. Měnín

Z výše uvedené tabulky č. 3 a z grafů č. 5 a 6 je zřejmé, že po zahájení a realizaci komplexních pozemkových úprav v k.ú. Měnín vzrostla průměrná kupní cena (obvyklá cena) zemědělských pozemků v této obci.

Graf č. 5 rovněž naznačuje, že po zahájení komplexních pozemkových úprav v k.ú. Měnín se zvýšila průměrná kupní cena zemědělských pozemků nad úroveň celostátního průměru.

Z tabulky č. 3 je zřejmý značný nárůst průměrné kupní ceny zemědělských pozemků v k.ú. Měnín v roce 2017 (+ 52,23 %), který výrazně převýšil růst průměrné kupní ceny zemědělských pozemků v ČR za toto období (+ 10,71 %). Nárůst průměrné kupní ceny zemědělských pozemků v k.ú. Měnín v roce 2018 (+ 11,83 %) sice nedosáhl celostátní úrovně (+ 16,77 %), to však bylo dáno jednak menším počtem realizovaných prodejů před dokončením pozemkové úpravy a také vyšší výchozí jednotkovou kupní cenou zemědělských pozemků v k.ú. Měnín. I v tomto období však průměrná kupní cena zemědělských pozemků v k.ú. Měnín výrazně převyšovala průměrnou kupní cenu zemědělských pozemků v ČR (+ 15,97 %). V roce 2019 již nárůst průměrné kupní ceny zemědělských pozemků v k.ú. Měnín (+ 13,91 %) převyšoval průměrný nárůst kupní ceny v ČR (+ 4,42 %).

Údaje o průměrných kupních cenách zemědělských pozemků za rok 2020 nebyly dosud Českým statistickým úřadem zveřejněny, nebylo tedy možné porovnat zjištěné údaje z k.ú. Měnín za rok 2020 s průměrnými cenami zemědělské půdy za celou Českou republiku.

3.3 Vliv komplexních pozemkových úprav na kupní cenu zemědělských pozemků

Ve třech náhodně vybraných obcích, resp. katastrálních územích, v rámci Jihomoravského kraje, ve kterých již v minulosti byly provedeny komplexní pozemkové úpravy, byly porovnány skutečně realizované kupní ceny zemědělských pozemků před realizací pozemkových úprav s kupními cenami po jejich dokončení.

Provedená analýza prokázala, že po zahájení a dokončení komplexních pozemkových úprav bylo dosahováno vyšších průměrných kupních cen zemědělských pozemků než před jejich zahájením.

Vývoj průměrných kupních cen zemědělských pozemků v čase byl připravení tohoto příspěvku zohledňován porovnáním s vývojem a meziročním růstem průměrných kupních cen zemědělských pozemků v rámci celé České republiky, a to na základě údajů zveřejňovaných Českým statistickým úřadem.

Na základě výše uvedených údajů je však zřejmé, že po zahájení komplexních pozemkových úprav došlo ke zvýšení průměrné kupní ceny zemědělských pozemků ve všech zkoumaných katastrech.

Ačkoli v k.ú. Knínice u Boskovic před pozemkovou úpravou průměrná kupní cena zemědělských pozemků nedosahovala výše celostátního průměru, po dokončení komplexní pozemkové úpravy se průměrná kupní cena zemědělských pozemků v tomto katastru zvýšila nad průměrnou kupní cenu zemědělských pozemků v České republice.

V k.ú. Jestřebí a také v k.ú. Měnín se průměrná kupní cena zemědělských pozemků zvýšila nad úroveň celostátního průměru kupních cen těchto zemědělských pozemků již v průběhu správního řízení o pozemkových úpravách.

Lze proto konstatovat, že komplexní pozemkové úpravy mimo jiné přínosy pro venkovskou převážně zemědělskou krajinu také zásadním způsobem přispívají ke zvýšení průměrných kupních cen zemědělských pozemků v územích, kde již byly zahájeny, resp. realizovány.

3.4 Důvody zvýšení kupních cen zemědělských pozemků po zahájení a realizaci pozemkových úprav

Řada zemědělských pozemků (v mnoha případech poměrně malé výměry a také nevhodného tvaru) se před zahájením pozemkových úprav nacházela či stále nachází nerovnoměrně rozptýlena uvnitř jednotlivých honů zemědělské půdy (půdních bloků). Takové pozemky jsou tedy nepřístupné z veřejné komunikace a nelze je proto samostatně obdělávat a zemědělsky využívat.

Za jeden z hlavních důvodů zvýšení kupních cen zemědělských pozemků po zahájení a realizaci pozemkových úprav je proto třeba považovat jednak úpravu tvaru nově navrhovaných pozemků a také možnost scelení malých pozemků jednoho vlastníka do pozemků větších výměr, které jsou lépe obhospodařovatelné.

Rovněž zpřístupnění nově navržených pozemků prostřednictvím stávající sítě zpevněných i nezpevněných polních cest, které jsou v rámci pozemkových úprav rekonstruovány, a také výstavbou nových účelových komunikací v rámci pozemkové úpravy patří mezi hlavní důvody zvýšení kupních cen zemědělských pozemků.

Dalším důvodem zvýšení kupních cen zemědělských pozemků může být rovněž ukončení platnosti uzavřených nájmních a pachtovních smluv na užívání pozemků, které jsou v mnoha případech pro vlastníky zemědělské půdy nevýhodné (např. dlouhodobé pronájmy za nízké nájmné/pachtovné), případně také ukončení užívání některých pozemků bez právního titulu nebo ukončení zatímního užívání cizích pozemků.

Po dokončení pozemkových úprav je třeba uzavřít nové smluvní vztahy na užívání zemědělské půdy, a je tedy umožněna nová soutěž mezi zájemci o užívání zemědělských pozemků (samostatně hospodařící rolníci a zemědělské společnosti), což rovněž vede ke zvýšení nájmného/pachtovného za jejich užívání, a tím i ke zvýšení kupních cen těchto pozemků.

Částečný vliv na zvýšení kupních cen zemědělských pozemků může mít rovněž vypořádání spoluvlastnictví k pozemkům v rámci pozemkových úprav a vyřešení duplicitních vlastnictví.

Mezi další důvody zvýšení kupních cen zemědělských pozemků je třeba zařadit také provedená protierozní a vodohospodářská opatření v krajině a na zemědělské půdě, která mohou přispívat k omezení eroze, k úpravě a zlepšení vodního režimu, a tím také k lepšímu hospodaření na dotčených pozemcích (ke zvýšení výnosu z těchto pozemků), a proto také ke zvýšení jejich kupních cen.

Za možný důvod zvýšení kupních cen zemědělských pozemků lze považovat také obnovení struktury krajiny, zvýšení její pestrosti, biodiverzity a ekologické stability. Na pohled pěkná, pestrá a strukturovaná krajina může rovněž přispívat k vyšší ceně zemědělských pozemků, které se v ní nacházejí.

4. ZÁVĚR

Pozemkové úpravy jsou multifunkčním nástrojem rozvoje venkovského prostoru, které dokáží integrovat a vyřešit širokou škálu problémů identifikovaných v zájmovém území.

Jsou také jedním z významných nástrojů boje proti klimatickým změnám ve venkovské (především zemědělské) krajině. Zahrnují řadu dílčích opatření, která jsou nástrojem při řešení retence vody v krajině, protierozní a protipovodňové ochrany, významným způsobem tak přispívají také k boji proti extrémním výkyvům počasí (sucho, povodně).

Pozemkové úpravy jsou tedy nositeli komplexního řešení závažných problémů v oblasti tvorby a ochrany životního prostředí (voda, půda, krajina) a v otázce vlastnických vztahů k půdě, současně jsou využity pro obnovu katastrálního operátu.

Společenská poptávka po pozemkových úpravách je v ČR vysoká a má rostoucí trend.

Obvyklou formou pozemkových úprav v ČR jsou komplexní pozemkové úpravy, které komplexně řeší zpravidla celé katastrální území včetně zpřístupnění pozemků, protierozní ochrany půdy vodohospodářských opatření a ekologické stability řešeného území.

V rámci pozemkových úprav probíhajících v posledních letech je zřejmý poměrně masivní nárůst nově navrhovaných protierozních a vodohospodářských opatření, která přispívají k ochraně životního prostředí a k boji proti změnám klimatu.

Na příkladech náhodně vybraných již realizovaných komplexních pozemkových úprav v Jihomoravském kraji bylo potvrzeno, že jejich realizace přispívá ke zvýšení kupních cen zemědělských pozemků.

Literatura

- [1] Český úřad zeměměřický a katastrální. *Souhrnné přehledy o půdním fondu z údajů katastru nemovitostí České republiky*. Praha: ČÚZK, 2021, 76 s. ISBN 978-80-88197-21-8. ISSN 1804-2422.
- [2] Ministerstvo zemědělství České republiky. *Situační a výhledová zpráva Půda 2018*. Praha: MZe, 2018, 143 s. ISBN 978-80-7434-476-3. ISSN 1211-7692.

- [3] Vopravil, J. a kol. *Půda a její hodnocení v ČR*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2010, 148 s. ISBN 978-80-87361-05-4.
- [4] Státní pozemkový úřad. *Koncepce pozemkových úprav na období let 2021 – 2025*. Dostupné z: www.spucr.cz/tiskovy-servis/tiskove-zpravy/2021/statni-pozemkovy-urad-vydal-koncepci-pozemkovych-uprav.html
- [5] Pavlík, F. Pozemkové úpravy podporující retenci vody v krajině. *Energie 21: časopis o alternativních zdrojích energie*. 2016, č. 4 s. 36 - 39. ISSN 1803-0394.
- [6] Ministerstvo zemědělství České republiky. *Pozemkové úpravy "krok za krokem"*. Praha: MZe, 2015, 19 s. ISBN 978-80-7434-228-8.
- [7] Státní pozemkový úřad. *Pozemkové úpravy: nástroj pro udržitelný rozvoj venkovského prostoru*. Praha: SPÚ, 2014, 50 s. ISBN 978-80-7434-086-4.
- [8] Ministerstvo pro místní rozvoj České republiky. *Koordinace územních plánů a pozemkových úprav*. Brno: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2015, 37 s. ISBN 978-80-87147-89-4.
- [9] Český statistický úřad. *Malý lexikon obcí České republiky - 2020*. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/maly-lexikon-obci-ceske-republiky-2020>
- [10] Český statistický úřad. *Ceny zemědělské půdy – Průměrné ceny zemědělské půdy*. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/ipc_cr

ⁱ Český statistický úřad – Ceny zemědělské půdy – Průměrné ceny zemědělské půdy.

Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/ipc_cr

ⁱⁱ Vlastní šetření cenových údajů realizovaných prodejů zemědělských pozemků v k.ú. Knínice u Boskovic pomocí dálkového přístupu do katastru nemovitostí - <https://www.cuzk.cz/aplikace-dp>

ⁱⁱⁱ Vlastní šetření cenových údajů realizovaných prodejů zemědělských pozemků v k.ú. Jestřebí pomocí dálkového přístupu do katastru nemovitostí - <https://www.cuzk.cz/aplikace-dp>

^{iv} Vlastní šetření cenových údajů realizovaných prodejů zemědělských pozemků v k.ú. Měnín pomocí dálkového přístupu do katastru nemovitostí - <https://www.cuzk.cz/aplikace-dp>

^v Dosud nezveřejněno Českým statistickým úřadem

^{vi} Nelze v současné době určit – dosud nezveřejněna příslušná data Českým statistickým úřadem

Recenzoval

Pavel Klika, Ing., Ph.D., Vysoké učení technické, Ústav soudního inženýrství, Odbor znalectví ve stavebnictví a oceňování nemovitostí, Purkyňova 454/118, 612 00 Brno, 541 148 937, pavel.klika@vut.cz

BIG DATA JAKO NÁSTROJ PRO DETERMINACI TEMPORÁLNÍHO A PROSTOROVÉHO CHOVÁNÍ REALITNÍHO TRHU

BIG DATA AS A TOOL FOR DETERMINATION OF TEMPORAL AND SPATIAL REAL ESTATE MARKET BEHAVIOR

Štěpán Skovajsa¹

Abstrakt

Tento článek vysvětluje efektivitu v kontextu realitního trhu, jak k neefektivitě přispívá neznalost trhu a díky tomu i například špatně provedený odhad tržní ceny. Poukazuje také na nedostatek vědeckých podkladů ohledně chování realitního trhu v České republice a nedostatek dat pro výzkum celkově. Nakonec navrhuje big data přístup pro hlubší a detailnější výzkum chování realitního trhu v kontextu prostoru a času.

Abstract

This article explains efficient-market hypothesis in the context of real estate market, what impact has an insufficient knowledge about the real estate market and how this may fail for the market value determination. It points out there are not enough scientific resources focused on the economic behavior of the real estate market in the Czech Republic. Finally, it proposes big data approach for the deeper and more detailed research of the real estate market behavior.

Klíčová slova

Realitní trh, tržní efektivita, analýza realitního trhu, datový model, big data.

Keywords

Real estate market, efficient-market hypothesis, real estate market analysis, data model, big data.

1. ÚVOD

Česko je příkladem státu, kde se o tržní ekonomice dá hovořit teprve od roku 1989, po přechodu z centrálně plánované, v důsledku čehož je tento trh stále relativně mladý. Realitní trh, jakožto součást agregátního trhu, v tomto není žádnou výjimkou. Ačkoliv jsme se na přelomu let 2019 a 2020 dočkali realitního zákona, který si klade za cíl zlepšit služby ohledně realitního zprostředkování, a také byla v roce 2020 zrušena daň z nabytí nemovitých věcí, je zde stále spousta faktorů, které dělají trh informačně a alokačně neefektivní. Pochopení těchto souvislostí by mělo za následek nejen lepší kontrolu z makroekonomické perspektivy, ale také by trhu přineslo větší transparentnost, což by vedlo k vyšší tržní efektivitě.

2. TEORIE EFEKTIVNÍCH TRHŮ

Teorie efektivních trhů (Efficient-market hypothesis) je hypotéza, která říká, že trh je efektivní tehdy, pokud se ceny dokáží velmi rychle adaptovat ve světle nových informací [1]. Takový trh je pak paretoovsky optimální [17], tzn. nelze realokovat zdroje takovým způsobem, že by někdo vydělal, aniž by někdo jiný prodělal. Není tedy možné trh nějakým způsobem podvést či uměle “nafukovat” a z dlouhodobého hlediska na něm profitovat. Formálně řečeno, tržní hodnota $v_m(a)$ aktiva a je rovna:

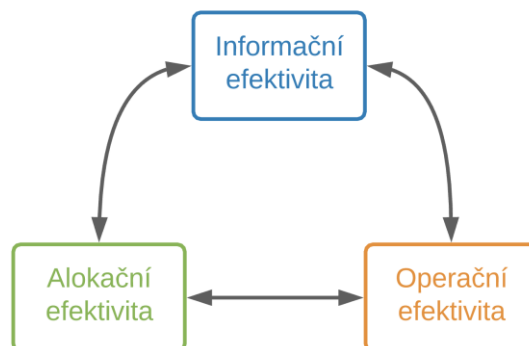
$$v_m(a) = v_f(a) + \epsilon \quad (1)$$

kde v_f je *fundamentální (vnitřní, inherentní)* hodnota a ϵ je volatilita odpovídající *náhodné procházce (random walk)*, resp. *Wienerovu procesu*, pro který platí $\mathbb{E}[\epsilon] = 0$. Právě poslední zmíněná podmínka nám pak implikuje $\mathbb{E}[v_m(a)] = v_f(a)$, tedy:

$$\text{tržní hodnota} \approx \text{fundamentální hodnota} \quad (2)$$

¹ Štěpán Skovajsa, Ing., VUT v Brně, Ústav soudního inženýrství, Purkyňova 464/118, 612 00 Brno, stepan.skovajsa@usi.vutbr.cz

Tento aspekt se v rámci efektivního trhu nazývá *alokační efektivita* (*allocative efficiency*). K tomu, aby však trh byl v praxi efektivní, je třeba ještě dalších aspektů: *informační efektivita* (*informational efficiency*) a *operační efektivita* (*operational efficiency*). Informační efektivita předpokládá, že se podstatné informace dostanou k investorům včas a ti na ně patřičně zareagují, čímž se zregulují ceny v co nejrychlejším možném čase. Operační efektivita pak předpokládá, že náklady (a jiné bariéry) spojené s jednotlivými transakcemi (nákup, prodej) jsou minimální a férové a ve své podstatě jejich výše neovlivňuje investorovo rozhodování.



Obr. 1 Vzájemná souvislost mezi jednotlivými aspekty efektivního trhu

Pokud chceme, aby byl trh skutečně efektivní, musí být tyto 3 navzájem ovlivňující se aspekty naplňovány simultánně. Samozřejmě musí efektivní trh splňovat také předpoklady volného trhu: dostatečná konkurence, svoboda v rozhodování, rovný přístup k informacím a technologiím.

2.1 Teorie efektivních realitních trhů

Tato teorie byla původně zkoumána v kontextu finančních trhů, které jsou velmi dynamické, co se týká frekvencí obchodních transakcí. Avšak i pro velmi frekventované finanční trhy, s dobře informovanými účastníky, se tato hypotéza ukázala být zamítnutelná, protože ne vždy jsou dostupné informace pravdivé či úplné [12] [4]. Realitní trh je navíc, ve srovnání s kapitálovými trhy, mnohem méně likvidní [3], kde podle [16] je tato nelikvidita primárně způsobena: transakčními náklady a daněmi, nedokonalou soutěží, asymetrií informací, finančními a jinými překážkami (např. vyhledání vhodné nemovitosti).

Transakční a jiné náklady (daně, poplatky realitním zprostředkovatelům, ...) na pořízení nemovitosti v tomto případě ovlivňují *operační efektivitu* realitního trhu. Například, v úvodu zmíněné, zrušení daně z nabytí nemovitosti bezpochyby vede k lepší operační efektivitě realitního trhu.

Jak již bylo zmíněno, *alokační efektivita* je dána kongruencí tržní hodnoty s fundamentální hodnotou. Toto je ovlivněno tím, jaké ceny je schopen trh akceptovat a jakým způsobem je akceptuje. Pokud ceny nemovitostí rostou nadproporcionálně s ekonomickým výkonem, ale poptávané množství stále neklesá, je pravděpodobné že zde dochází k velkému vychýlení od fundamentální hodnoty, tj. realitní trh je přeceněný (realitní bublina). V takových případech hraje velkou roli informovanost populace, což souvisí s informační efektivitou realitního trhu.

Informační efektivita realitního trhu závisí především na povědomí jednotlivců o realitním trhu, transparentnosti úvěrové politiky, kvalitě práce realitních makléřů a dalších faktorů (mimo jiné i kvalitě odhadů tržních cen). Čím větší povědomí o realitním trhu a nemovitostech bude kupující mít, tím nižší asymetrie informací by mezi takovým kupujícím a prodávajícím potenciálně měla být. Právě asymetrie informace mezi prodávajícím a kupujícím je jeden z problémů současného realitního trhu v České republice [27].

3. PŘÍSTUP K ANALÝZE REALITNÍHO TRHU V ČESKU

Při analýze realitního trhu zpravidla vybíráme fragment trhu, který dále zkoumáme, kde výběr záleží na povaze řešeného problému. V případě tržního ocenění to zpravidla bývá okolí oceňované nemovitosti, v jiných případech je volba tohoto fragmentu individuální a de facto neexistuje žádná obecná předepsaná forma – můžeme zkoumat jak specifický segment (např. byty) napříč celým státem, tak i diachronický vývoj osídlování a postupné výstavby v určité lokalitě.

3.1 Úskalí tržní hodnoty

Cílem tržního ocenění je stanovit *tržní hodnotu*, která je podle [2, § 2, odst. 4] definována jako:

“Tržní hodnotou se pro účely tohoto zákona rozumí odhadovaná částka, za kterou by měly být majetek nebo služba směřeny ke dni ocenění mezi ochotným kupujícím a ochotným prodávajícím, a to v obchodním styku uskutečněném v souladu s principem tržního odstupu, po náležitém marketingu, kdy každá ze stran jednala informovaně, uvážlivě a nikoli v tísní. Principem tržního odstupu se pro účely tohoto zákona rozumí, že účastníci směny jsou osobami, které mezi sebou nemají žádný zvláštní vzájemný vztah a jednají vzájemně nezávisle.”

Přičemž [30] a [29] definují tržní hodnoty podobným způsobem. Tato hypotetická částka je samozřejmě dána stavem poptávky a nabídky, resp. stavem trhu, který je determinován integrací stavů jeho jednotlivých účastníků.

Například od minulého roku přetrvává zvýšený zájem o úvěry [34] [35] [36], což je dáno nízkými úrokovými sazbami, nicméně nelze vyloučit velký podíl globální pandemie Covid-19, která v lidech vyvolala obavy ze ztráty zaměstnání, a tudíž i o schopnosti platit nájemné. Tento strach, zrušení daně z nabití nemovitých věcí a nízké úrokové sazby vývolávají zvýšení zájmu o koupi nemovitosti (růst poptávky v prodejním rezidenčním segmentu), který má za následek posun equilibria, v konečném důsledku tedy růst tržních cen, čímž vzniká tržní bublina na trhu s těmito statky. Tržní bublina je stav kdy tržní hodnoty jednotlivých aktiv souhrně značně převyšují ty fundamentální, čímž se trh značně vzdaluje od předpokladu *alokační efektivity*.

Otázkou zde tedy zůstává, k jaké hodnotě by se odhadovaná tržní hodnota měla blížit. Většina znalců a odhadců bude zřejmě argumentovat, že odhad tržní hodnoty by se samozřejmě měl blížit ke skutečné tržní hodnotě, resp. hodnotě v souladu se současným stavem trhu. Je však důležité si uvědomit, že pokud znalec bude slepě věřit aktuálnímu stavu trhu, v situaci, kdy bude trh značně alokačně neefektivní, bude dále k této neefektivitě přispívat.

Jako příklad může posloužit právě výše zmíněná pandemická situace, kdy vlastně může téměř každý jedinec jednat pod jistým psychologickým tlakem z budoucí nejistoty, tím pádem bude akceptovat vyšší tržní cenu než za obvyklých podmínek. V takovém případě by však již takto akceptovaná tržní hodnota nenaplnovala výrok “informovaně, uvážlivě a nikoli v tísní” z definice tržní hodnoty, resp. tržní ceny, které kupující akceptovali mohly být stanoveny porovnávacím způsobem, kde srovnávací nemovitosti měly již takto pandemií stigmatizované prodejní ceny, což má bezpochyby informační dopad na laickou veřejnost, která si toho není vědoma.

3.2 Praxe v České republice

Současná podoba znalectví při tržním oceňování nemovitostí nijak explicitně nevyžaduje hlubší znalosti ekonomických oborů, které naopak zahraniční autoři ve své literatuře [15] [26] [10] hojně uvádějí. Mezi takové obory patří, kromě klasické mikro a makroekonomie, také *prostorová ekonomie (spatial economy)* pro pochopení prostorového chování účastníků trhu a genezi komunit, *regionální politika a ekonomie* pro chápání fungování fiskálních a politických administrativních struktur a územního plánování, *investice, predikce* atd.

Znalcům v ČR, resp. znalecké profesi, nelze však nic vyčítat. Znalecký obor je v současnosti zákonem velmi diskriminován [33] [32] [28], a spíše znalců ubývá, neboť zde chybí exogenní zdroje motivace. Není zde tím pádem ani dostatek konkurence, která by motivovala znalce se dále v tomto ohledu vzdělávat a svůj obor zdokonalovat.

V důsledku nízkého ekonomického chápání trhu může pak docházet k zanedbávání analýzy realitního trhu [22], přičemž potom mohou odhadci vybírat například nereprezentativní substituty, nemusejí zahrnout do úvahy podstatné vlivy (například blízkost hranic s jiným státem) nebo naopak obsahují příliš mnoho nepodstatných či matoucích informací (např. údaje o vývoji cen kancelářských prostor v Brně, zatímco oceňovaná nemovitost je RD v Rumburku).

I třeba při investiční činnosti můžeme samozřejmě vyžadovat odhad ceny či vycházet z již provedených odhadů, takže zde se tyto dvě činnosti prolínají. Rozdíl však spočívá v tom, že pro investiční rozhodování potřebujeme podrobněji znát i historický kontext a dokázat predikovat budoucí vývoj (což je v zájmu investora). To samé platí například i pro územní plánování, kde je cílem vytvářet předpoklady pro udržitelný rozvoj spočívající mimojiné i v hospodářském rozvoji a soudržnosti obyvatel daného území [7, § 18]. V těchto ohledech je nutno se na realitní trh dívat více v širším kontextu, než vyžadují odhady tržních cen.

3.3 Shrnutí současné úrovně poznání

[19] je velmi citovanou a současnou literaturou na poli oceňování nemovitostí, bohužel explicitně analýzu realitního trhu nijak neřeší. Oceňovací vyhláška [14] poskytuje pouze základní segmentaci dle typu nemovitosti, nelze ji tedy pokládat za relevantní. Co se týká problematiky analýzy realitního trhu přímo, je u nás pravděpodobně nejcitovanějším autorem Ort¹. Tato literatura, ač plná cenných praktických zkušeností, bohužel postrádá reference na vědecká ověření formulovaných hypotéz. Dokonce přímo Ort k analýze realitního trhu zmiňuje [27]:

¹ Ing. Petr Ort, Ph.D., <https://www.databazeknih.cz/zivotopis/petr-ort-104735>

“V Česku je tato problematika zpracována spíše fragmentárně ve formě různých článků a analýz. Přeložené, zejména americké, publikace popisují realitní trh, který je od českého trhu velmi odlišný, jak z hlediska realitního práva, tak i z hlediska nabídky a poptávky, a v neposlední řadě, i z hlediska chování účastníků trhu.”

Zahraniční literatura je na tom o poznání lépe, ale jak bylo zmíněno Ortem, není vždy aplikovatelná v našich rozdílných podmínkách. Velmi výhodné by, v tomto případě, bylo mít obecnější metodiku pro analýzu realitního trhu v České republice, která by nerozlišovala, zda oceňujeme tržní hodnotu konkrétní stavby či je účelem této analýzy něco jiného, a která by se na trh dívala jako na množinu racionálně myslících jedinců.

Například zahraniční literatura [26] uvádí, že analýza realitního trhu je zdrojem vstupu pro předběžnou analýzu projektového plánování, zdrojem vstupu pro finanční studie proveditelnosti, demonstrace potenciálu uvedení nového produktu na nejistém trhu, podklad pro akvizici investorů, poskytovatelů úvěrů, k vytvoření lépe prodejného produktu, podpora podnikání v soukromém sektoru, podklad pro plánování ve veřejném sektoru. Ani ostatní zahraniční autoři nějak nerozlišují mezi analýzou realitního trhu pro oceňování a analýzou realitního trhu pro neoceňovací účely, což má svoji logiku – lidé se chovají stejně bez ohledu na to, jaký typ analýzy děláme, není tedy důvod rozlišovat metodický přístup k analýze, nýbrž hloubku, do jaké by měla být konkrétní analýza provedena [15].

3.4 Motivace k hlubšímu ekonomickému poznání realitního trhu

Na tuzemském trhu bohužel zatím neexistuje dostatek odborné, natož vědecké literatury, řešící explicitně český realitní trh. Dalším problémem je velká míra asymetrie informací mezi prodávajícím a kupujícím a nižší dostupnost otevřených dat, v porovnání například se sousedícím Německem¹. Tyto faktory se negativně projevují na informační efektivitě, a tím pádem také na celkové efektivitě trhu.

Proto je nasnadě vytvořit takový model, který by umožnil lépe pochopit fungování českého realitního trhu, například dokázal pomoci vysvětlit následující:

- jakým způsobem jsou utvářeny geografické segmenty, které se mohou lišit od těch administrativních (jako např. [25])
- *přelévací efekty (spillover effects)*, které mohou mít nezanedbatelný vliv (jako např. [24])
- vliv exogenních šoků na realitní trh (jako např. [20])
- vazby mezi realitním trhem a hospodářským cyklem (jako např. [6])
- vazba mezi výstavbou a poptávkou v jednotlivých lokalitách (jako např. [9])
- výzkum automatizovaných oceňovacích a predikčních algoritmů (hedonické přístupy [18] [11], Gaussian process, ... [31])
- atd.

Pochopení fungování realitního trhu je základní předpoklad pro snížení *informační neefektivity*, a tedy celkového zefektivnění trhu. Následuje návrh teoretického datově-strukturálního modelu, který slouží jako abstraktní základ celého systému.

4. TEORETICKÝ MODEL REALITNÍHO TRHU

Vzhledem k tomu, že realitní trhy jsou velmi důležitou součástí *prostorové ekonomie* [8], bude pro nás toto výchozím bodem, tedy aby model disponoval schopností každou lokalitu geograficky i administrativně vymežit, resp. měl prostorový a hierarchický charakter.

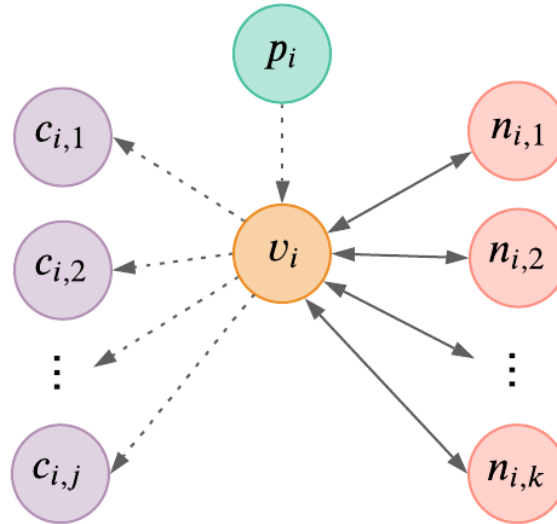
4.1 Prostorově hierarchický charakter modelu

Pro tyto účely se jeví jako ideální orientovaný graf, kde můžeme zobrazovat jednotlivé lokality (ulice, města, okresy, kraje) jako *vertexy (uzly)* a vztahy mezi těmito lokalitami vyjádřit pomocí *hran*. Mezi takové vztahy v našem případě patří to, zda daná lokalita je sublokalitou k jiné lokalitě či s ní sousedí. Příkladem vztahu lokalita → sublokalita může být například Jihomoravský kraj → okres Znojmo, takovým hranám budeme říkat *hierarchické hrany*. Příkladem sousedících lokalit může být okres Brno-venkov ↔ okres Znojmo, takovým budeme říkat *sousedské hrany*. Zde je nutné ještě poznamenat, že u sousedských hran platí symetrie, tedy pokud X sousedí s Y , tak i Y sousedí s X .

¹ Porovnání dostupnosti otevřených dat ČR vs Německo v roce 2016

https://opendatabarometer.org/4thedition/compare/?_year=2016&indicator=ODB&open=CZE&comparew=DEU

Formálně mějme graf $\mathbb{G}(\mathbb{V}, \mathbb{E})$ vyjadřující výše zmíněnou topologii, kde $\mathbb{V} = \{v_i\}$ je množina všech lokalit a $\mathbb{E} = \mathbb{H} \cup \mathbb{N}$ množina všech hran, kde dále \mathbb{H} jsou hierarchické hrany a \mathbb{N} hrany sousedské. Hrana vycházející z p_i do v_i , kde $p_i \in \mathbb{V}$ je administrativně nadřazený vertex, a hrany vycházející z v_i do $\{c_{i,j} \mid \forall j\}$, kde $c_{i,j} \in \mathbb{V}$ je administrativně podřízený vertex, jsou hrany hierarchické. Hrany mezi v_i a $\{n_{i,j} \mid \forall j\}$, kde $n_{i,j} \in \mathbb{V}$ je sousedící vertex, jsou sousedské hrany, které jsou obousměrné právě z důvodu výše zmíněné symetrie.



Obr. 2 Obecná reprezentace vertexu v_i

V rámci diskuse lze také ještě řešit orientaci hierarchických hran, které by mohly být pro praktické účely orientovány opačně či obousměrně. Avšak již tato základní topologie je slibná v zajištění prostorového chápání realitního trhu, nicméně pro naše účely je třeba tento model ještě dále rozšířit o samotné tržní kompartmenty a čas.

4.2 Tržní kompartmenty a jejich rozlišení v čase

Víme dále, že se trh skládá z poptávky \mathbb{D} a nabídky \mathbb{S} , kde nabídka nabízí nemovitosti z fondu nemovitostí \mathbb{A} . Poté můžeme náš model realitního trhu vyjádřit jako čtveřici $\mathbb{M}(\mathbb{G}, \mathbb{A}, \mathbb{D}, \mathbb{S})$.

Pro temporální rozlišení realitního trhu je vhodná forma $\mathbb{M}(\cdot) = \{G_t, A_t, D_t, S_t\}_{t=1}^{\infty}$, kde t je čas, G_t reprezentuje topologický stav hierarchického administrativního a geografického členění v čase (může být měněn např. slučováním obcí, přejmenováním ulic, změnou hranic obce, atd.), A_t je konkrétní stav fondu nemovitostí v čase t (může se měnit např. rekonstrukcemi některých nemovitostí, vybudováním nových, ...), D_t a S_t reprezentují stavy nabídky a poptávky v čase t (mění se zpravidla vstupem, resp. výstupem jednotlivých účastníků na trh, resp. z trhu, popř. změnou preference u poptávky, změna ceny v nabídce, atd.). Je zde nutno ještě uvést, že množina \mathbb{A} reprezentuje všechny nemovitosti, nejen ty z aktuální nabídky \mathbb{S} .

Pro každou nemovitost $a_i \in \mathbb{A}$ budeme předpokládat, že ji náleží právě jeden vertex v_j , který odpovídá skutečnému umístění nemovitosti. Z povahy nepřemístitelnosti nemovitostí víme, že pokud dané nemovitosti a_i odpovídá vertex v_j v nějakém čase t , náleží jí tento vertex po celou dobu životnosti této nemovitosti, pokud tento vertex nezanikne (např. sloučením obce, kterou vertex reprezentuje, s jinou).

Samotný charakter nabídky \mathbb{S} , poptávky \mathbb{D} a fondu nemovitostí \mathbb{A} bude ještě předmětem dalšího výzkumu, navíc bude také záležet na povaze a množství dostupných dat.

4.3 Využití modelu

Povaha definovaného modelu jako taková nám může odpovědět například na otázky ohledně prostorové segmentace trhu, protože budeme schopni porovnávat poptávku \mathbb{D} a nabídku \mathbb{S} napříč jednotlivými administrativními geografickými segmenty reprezentovanými grafem \mathbb{G} a napříč časem. Například vezmeme libovolný vertex v_i a libovolný čas t , pro které pak můžeme určit stav poptávky $S_{i,t}$ a nabídky $D_{i,t}$ v tomto i -vertexu a konkrétním čase t . Díky propojení hran sousedících vertexu \mathbb{N} můžeme sledovat spillover efekty, díky sledování změn v \mathbb{A} můžeme porovnávat výstavbu či množství rekonstrukcí s poptávkou \mathbb{D} , apod.

5. BIG DATA

Big data se začala aktivně řešit teprve několik let zpátky¹. Lze je volně definovat jako rozsáhlé sady dat, sloužící k analýze různých vzorců, spjitostí a trendů. S velkým objemem dat však také roste výpočetní náročnost a požadavky na kapacitu uložení, proto se místo osobních počítačů zpravidla využívá tzv. *distribuovaných systémů* [37].

Distribuovaný systém lze velmi zjednodušeně definovat jako soustavu několika uzlů (*nodes*) se samostatným hardwarem a samostatným softwarem, propojených a komunikujících *počítačovou sítí*, které navenek pro uživatele vystupují jako jeden systém. Velkou výhodou je bezpochyby škálovatelnost, kdy jsme schopni zpracovávat větší množství dat v rychlejším čase, než by nám umožnil samostatný počítač. Nevýhodou je pak náročná orchestrace celého systému (výpadky jednotlivých komponent, monitorování celého systému atd.).

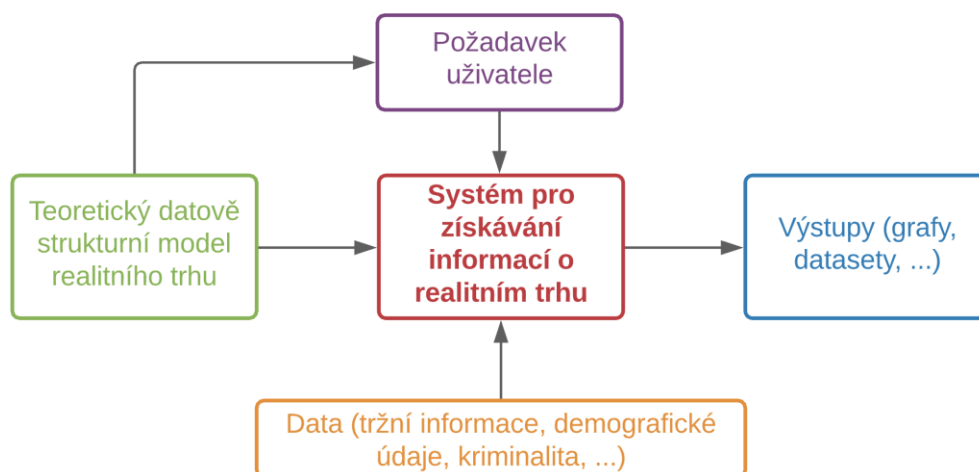
Ve výzkumech a analýzách často operujeme s pojmem výběrový soubor neboli vzorek (*sample*), který má být reprezentativní vzhledem k populaci. Pokud však nevíme přesně, jak by měl takový vzorek vypadat, může se jednoduše stát, že akceptujeme nereprezentativní vzorek (*sampling error*), který potom povede ke zkresleným výsledkům. Big data však umožňují toto omezení obejít zahrnutím celé populace, resp. její podstatné části [13], což je i argumentem proč právě zvolit tento přístup pro datové modelování realitního trhu.

5.1 Systém pro získávání informací o realitním trhu

Cílem je vytvořit systém (dále REMIRS – *Real Estate Market Information Retrieval System*), který by dokázal, na základě nějakého dotazu, uživateli poskytovat relevantní informace o realitním trhu, aniž by si je musel tento uživatel sám spojovat dohromady. Velká výhoda by spočívala v umožnění opakované aplikace dotazu na různé časové či geografické rámce. Jako dotaz si zde můžeme představit například požadavek na zobrazení počtů obyvatel a průměrné cena za m^2 1+kk a 1+1 bytů za posledních 5 let v okolních obcích do 50 km od námi vybrané.

Tento systém by v praxi představoval spojení datově strukturního teoretického modelu z předchozí kapitoly a big data technologií, které by zajistili teoretickému modelu praktickou softwarovou podobu. Teoretický model je v tomto případě právě podkladem pro vytvoření takového software, který bude umožňovat empirický výzkum chování realitního trhu.

Aby REMIRS dokázal generovat výstupy, musí, kromě dotazu, mít k dispozici také data. V rámci prototypu, současného stavu poznání a dostupnosti dat je v plánu využít data z GIS pro sestavení geografické struktury \mathbb{G} , webové realitní inzerce a katastru nemovitostí pro modelování nabídky \mathbb{S} , částečně poptávky \mathbb{D} a částečně fondu nemovitostí \mathbb{A} , dále údaje z Českého statistického úřadu a Mapu kriminality pro statistické informace. Jelikož se stav trhu mění v čase, musí tento systém dokázat tyto změny zahrnout, tedy kromě historických stavů trhu, dokázat pracovat i s aktuálním, což implikuje nutnost data neustále aktualizovat. Zde je důležité data rozlišovat na úrovni toho, jak často u nich k této aktualizaci dochází. Například statistická data o počtu obyvatel v obcích, kriminalitě atd. se zpravidla neaktualizují každý den, zato realitní inzerce se může aktualizovat i několikrát za den v určitých lokalitách.



Obr. 3 Systém pro získávání informací o realitním trhu REMIRS v širší souvislosti

Dále by se datová základna systému dala rozšířit informacemi o vzdálenostech jednotlivých sousedících ulic, popř. informacemi o občanské vybavenosti, MHD, ... (jako např. v [23] [5] [21]) pro docílení zajímavějších přehledů, ale toto bude řešeno až v budoucnosti, kdy bude základní verze schopná produkčních možností. V současné fázi je však důležité vytvořit funkční verzi softwaru, jež by byl založen na zde prezentovaném návrhu.

¹ Big data v Google Trends <https://trends.google.com/trends/explore?date=all&q=big%20data>

6. ZÁVĚR

V České republice zatím bohužel neexistuje dostatek literatury, ani ucelená metodika analýzy realitního trhu, která by byla založena na prostorové ekonomii a opírala se empirický výzkum v tomto ohledu. Zdejší záměrem je využít big data přístupu pro pochopení fungování realitního trhu v širší perspektivě.

Tento přístup by, za pomoci prezentovaného modelu realitního trhu, měl sloužit k navržení software, který by generoval temporální i prostorové datasey pro další výzkum vedoucí ke zlepšení informační efektivity realitního trhu.

Literatura

- [1] Eugene F. Fama. "Efficient capital markets: A review of theory and empirical work". In: *The Journal of Finance* (1970).
- [2] *Zákon č. 151/1997 Sb., Zákon o oceňování majetku a o změně některých zákonů (zákon o oceňování majetku)*. 1997.
- [3] John Okunev, Patrick Wilson a Ralf Zurbrugg. "The Causal Relationship Between Real Estate and Stock Markets". In: *Journal of Real Estate Finance and Economics* (2000).
- [4] Burton G. Malkiel. "The Efficient Market Hypothesis and Its Critics". In: *Journal of Economic Perspectives* 17.1 (2003).
- [5] Paolo Crucitti, Vito Latora a Sergio Porta. "Centrality in networks of urban streets". In: *Journal of Nonlinear Science* 16 (1 2006).
- [6] David Hale. "The Global Driver: How Housing is Driving the World Economy". In: *The International Economy* (2006).
- [7] *Zákon č. 183/2006 Sb., Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)*. 2006.
- [8] Gunther Maier a Shanaka Herath. "Real Estate Market Efficiency: A Survey of Literature". In: *SRE-Discussion Papers* (2009).
- [9] Michael Burr Tilford. "Developing For Demand-An Analysis of Demand Segmentation Methods and Real Estate Development". Dipl. 2009.
- [10] Dennis J. McKenzie, Richard M. Betts a Carol A. Jensen. *Essentials of Real Estate Economics, 6th Edition*. South-Western Educational Pub, 2010, s. 576. isbn: 978-0538739696.
- [11] Anthony Owusu-Ansah. "A Review Of Hedonic Pricing Models In Housing Research". In: *Journal of International Real Estate and Construction Studies* (2011). issn: 2153-6813.
- [12] Martin Sewell. "History of the Efficient Market Hypothesis". In: *Research Note RN/11/04* (2011).
- [13] Viktor Mayer-Schönberger a Kenneth Cukier. *Big Data: A Revolution That Will Transform How We Live, Work, and Think*. Boston, Massachusetts: Houghton Mifflin Harcourt, 2013. isbn: 9780544227750.
- [14] *Vyhláška č. 441/2013 Sb., Vyhláška k provedení zákona o oceňování majetku (oceňovací vyhláška)*. 2013.
- [15] Stephen F. Fanning. *Market Analysis for Real Estate: Concepts and Applications in Valuation and Highest and Best Use*. Appraisal Institute, 2014. isbn: 978-1-935328-57-5.
- [16] Frank Ametefe, Steven Devaney a Gianluca Marcato. "Estimating Liquidity in Real Estate Markets". In: *IPF Research Programme* (2015).
- [17] Shanaka Herath a Gunther Maier. "Informational efficiency of the real estate market: A meta-analysis". In: *Journal of Economic Research* (2015).
- [18] Ben J. Sopranzetti. "Hedonic Regression Models". In: *Handbook of Financial Econometrics and Statistics* (2015).
- [19] Albert Bradáč a kol. *Teorie a praxe oceňování nemovitostí*. Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2016. isbn: 978-80-7204-930-1.
- [20] Ramiro J. Rodríguez Ramírez. "Quantitative analysis of commercial and residential real estate markets (an approach from cointegration and spatial econometrics)". Dis. Universidad Complutense de Madrid, 2016.
- [21] José Oliver, Leandro Tortosa a José-Francisco Vicent. "Different types of graphs to model a city". In: *CMEM 2017* (2017).
- [22] Equity Solutions Appraisals s.r.o. "Posudek / č. 742-3579/201: Stanovení hodnoty nemovité věci" (2017).

- [23] Geoff Boeing. “Street Network Models and Measures for Every U.S. City, County, Urbanized Area, Census Tract, and Zillow-Defined Neighborhood”. In: *Urban Science* (2018).
- [24] Marcel Fischer, Roland Füss a Simon Stehle. “Spillover Effects in Residential House Prices”. In: *EFMA Conference* (2018).
- [25] Ryo Inoue, Rihoko Ishiyama a Ayako Sugiura. “Identification of Geographical Segmentation of the Rental Apartment Market in the Tokyo Metropolitan Area (Short Paper)”. In: *10th International Conference on Geographic Information Science (GIScience 2018)*. Sv. 114. Dagstuhl, Germany: Schloss Dagstuhl–Leibniz-Zentrum fuer Informatik, 2018, 32:1–32:6. isbn: 978-3-95977-083-5.
- [26] Deborah L. Brett. *Real estate market analysis: Trends, methods and information sources, 3rd ed.* Urban Land Institute, Washington DC, 2019, s. 233. isbn: 978-0-87420-428-5.
- [27] Petr Ort. *Analýza realitního trhu*. Leges, s.r.o., 2019. isbn: 978-80-7502-364-3.
- [28] Eva Paseková. “Znalec Lukáš Krístek: Nový zákon je samý bič a žádný cukr”. In: *Česká justice* (zář. 2019). url: <https://www.ceska-justice.cz/2019/09/znalec-lukas-kristek-novy-zakon-samy-bic-zadny-cukr/>.
- [29] *European Valuation Standards (EVS)*. TEGOVA – The European Group of Valuers’ Association, 2020.
- [30] *International Valuation Standards (IVS)*. International Valuation Standards Council (IVSC), 2020.
- [31] Jun Kang et al. “Developing a Forecasting Model for Real Estate Auction Prices Using Artificial Intelligence”. In: *Sustainability* (2020).
- [32] Petr Kozelka. “Konec znalců? S novým zákonem odcházejí a noví jsou v nedohlednu”. In: *Novinky.cz* (pros. 2020). url: <https://www.novinky.cz/krimi/clanek/konec-znalcu-s-novym-zakonom-odchazeji-a-novi-jsou-v-nedohlednu-40343959>.
- [33] Petr Kozelka. “Odměny nekryjí ani inflaci, zlobí se znalci”. In: *Novinky.cz* (pros. 2020). url: <https://www.novinky.cz/krimi/clanek/odmeny-nekryji-ani-inflaci-zlobi-se-znalci-40345253>.
- [34] Adam Mašek a Adam Kotrbatý. “Lidé se v době covidové neváhají zadlužit i na desítky let. Zájem o hypotéky je rekordní”. In: *Hospodářské noviny* (pros. 2020). url: <https://archiv.ihned.cz/c1-66862830-lide-se-v-dobe-covidove-nevahaji-zadluzit-i-na-desitky-let-zajem-o-hypoteky-je-rekordni>.
- [35] Vladan Gallistl. “Banky v březnu poskytly rekordní objem hypoték: 44,7 miliardy korun”. In: *E15* (dub. 2021). url: <https://www.e15.cz/byznys/finance-a-bankovnictvi/banky-v-breznu-poskytly-rekordni-objem-hypotek-44-7-miliardy-korun-1379787>.
- [36] iDNES.cz a ČTK. “Covid hypotéky nezmrazil. Češi si loni na bydlení napůjčovali 250 miliard”. In: *iDNES.cz* (led. 2021). url: https://www.idnes.cz/ekonomika/domaci/hypoteky-uroky-sazby-bydleni-zadluzeni.A210114_110037_ekonomika_vebe.
- [37] Sourav Mazumder, Robin Singh Bhadoria a Ganesh Chandra Deka. *Distributed Computing in Big Data Analytics (Scalable Computing and Communications)*. Springer, s. 172. isbn: 978-3319598338.

Recenzoval

Milada Komosná Ing. Ph.D., ÚSI VUT v Brně, vedoucí odboru, Purkyňova 464/118, Brno, tel.: 541 148 936, milada.komosna@usi.vutbr.cz

VÝVOJ VÝSTAVBY REZIDENČNÍCH NEMOVITOSTÍ V LOKALITĚ BRNO – IVANOVICE V LETECH 2000–2021

DEVELOPMENT OF THE CONSTRUCTION OF RESIDENTIAL PROPERTIES AT THE BRNO IVANOVICE LOCALITY IN 2000-2021

Michaela Talpová¹

Abstrakt

Výstavba rezidenčních nemovitostí ve městě Brně rok od roku stoupá. Nejvíce je rozvoj výstavby znatelný v okrajových částech Brna, které prochází v posledních letech velkou změnou v podobě nové výstavby zejména rodinných domů, příp. bytových domů na pozemcích, na kterých to Územní plán města Brna dovoluje. Okrajové části Brna jsou oblíbenými lokalitami pro bydlení a to zejména z důvodu klidného prostředí spočívající ve velkém množství zeleně, přitom ale dobré dopravní dostupnosti a dobré občanské vybavenosti. Jednou z oblíbených lokalit pro bydlení je právě městská část Brno – Ivanovice nacházející se na severu města Brna. Tato lokalita v období posledních 20 let prošla velkou proměnou díky stoupajícímu zájmu o výstavbu zejména rodinných domů. Vznik 11 nových ulic od roku 2000 je toho důkazem. V městské části Brno – Ivanovice se prolíná původní zástavba rodinných domů s novou moderní zástavbou rodinných domů, přičemž je kladen důraz na zachování klidného, kvalitního a příjemného prostředí pro bydlení.

Abstract

The construction of residential real estate in the city of Brno is increasing year by year. The development of construction is most noticeable in the outskirts of Brno, which has undergone a major change in recent years in the form of new construction, especially family houses, or apartment buildings on land on which the Zoning Plan of the City of Brno allows. The outskirts of Brno are popular locations for living, mainly due to the quiet environment consisting of a large amount of greenery, but good transport accessibility and good civic amenities. One of the popular locations for housing is the Brno - Ivanovice district, located in the north of the city of Brno. This location has undergone a major transformation in the last 20 years due to the growing interest in the construction of houses in particular. The emergence of 11 new streets since 2000 is proof of this. In the Brno - Ivanovice district, the original development of family houses blends with the new modern development of family houses, with emphasis on maintaining a quiet and pleasant living environment.

Klíčová slova

Vývoj výstavby, rodinný dům, lokalita, městská část, Ivanovice, rezidenční nemovosti.

Keywords

Development of the construction, family house, locality, district, Ivanovice, residential properties.

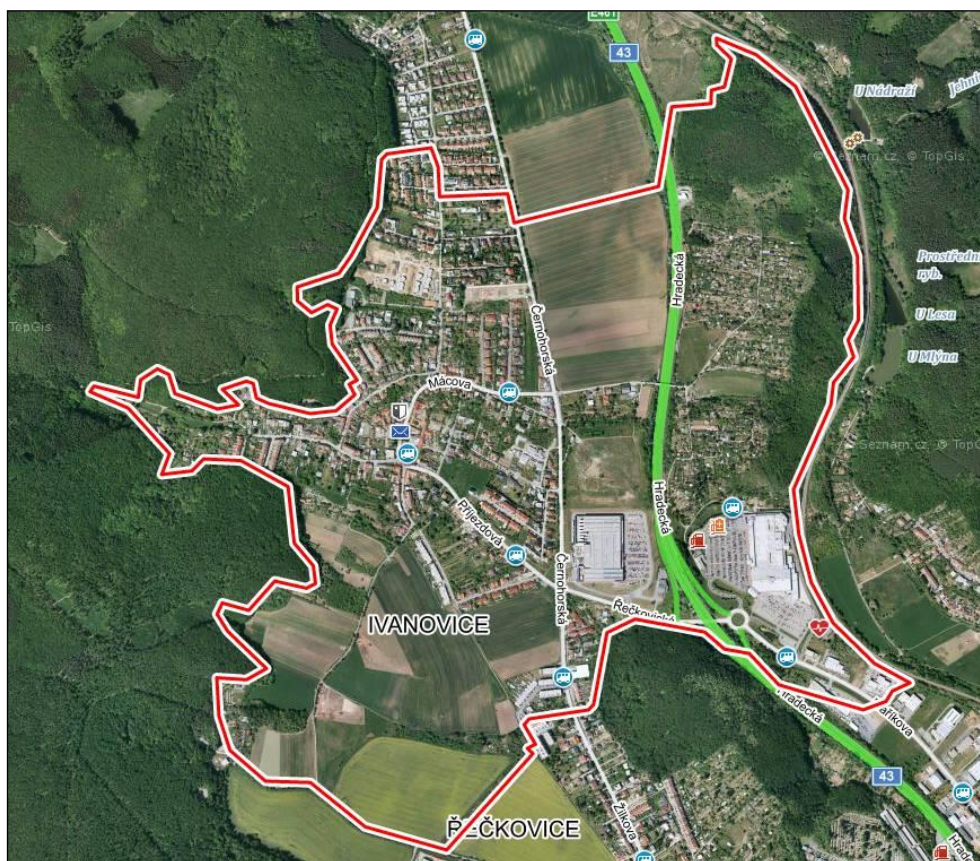
1. ÚVOD

Ivanovice jsou považovány za atraktivní lokalitu, nejen svou dobrou dopravní dostupností, velmi dobrou občanskou vybaveností, ale zejména z důvodu klidného prostředí vhodného pro rodinné bydlení. Nachází se zde velké množství zeleně umocněné sousedícím přírodním parkem Baba. Výstavba v této lokalitě v posledních letech velmi vzrostla a lze předpokládat, že se bude i nadále rozvíjet.

2. VYMEZENÍ HRANIC MĚSTSKÉ ČÁSTI BRNO - IVANOVICE

Ivanovice jsou jednou z 29 městských částí tvořící statutární město Brno. Tato městská část, která je současně katastrálním územím, je situována na severu Brna a její rozloha činí 2,45 km². Severní hranicí Ivanovice sousedí s obcí Česká (současně i k.ú. Česká), severovýchodní hranicí sousední s městskou částí Jehnice (současně i k.ú. Jehnice), jihovýchodní hranicí sousedí s městskou částí Řečkovice a Mokrá Hora (současně k. ú. Řečkovice a k. ú. Mokrá Hora) a západní hranicí sousedí s obcí Jinačovice (současně k.ú. Jinačovice).

¹ Michaela Talpová, Ing., Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Purkyňova 464/118, 131060@usi.vutbr.cz.



Obr. 1 Městská část Brno – Ivanovice (k. ú. Ivanovice) [8]

3. CHARAKTERISTIKA LOKALITY

“Ivanovice, dříve pojmenované také jako Evanovice, Vejvanovice, Vejvanovičky, se připomínají roku 1585 jako majetek brněnských jezuitů. Po zrušení řádu v roce 1773 jako součást panství Řečkovice měnily vlastníky. V roce 1971 byly Ivanovice připojeny k Brnu.” [1]

Ivanovice jsou považovány za atraktivní lokalitu, nejen svou dobrou dopravní dostupností – Ivanovicemi vede silnice 1. třídy 43 z Brna přes Svitavy, Lanškroun a Králíky až do Polska a v úseku Brno – Svitavy je po ní vedena i evropská silnice E461 vedoucí ze Svitav, přes Brno, Mikulov až do Vídně. Dostupnost městské hradné dopravy je také velmi dobrá, nachází se zde 5 autobusových zastávek. Zejména jsou však Ivanovice atraktivní lokalitou z důvodu klidného prostředí vhodného pro rodinné bydlení. Nachází se zde velké množství zeleně umocněné přírodním parkem Baba, který je chráněným územím rozprostírajícím se ve více katastrálních územích a to - k. ú. Kuřim, k.ú. Jinačovice, k.ú. Komín, k.ú. Řečkovice a Mokrá Hora a k.ú. Medlánky a právě část přírodního parku Baba nacházejícího se v k. ú. Jinačovice přímo sousedí se západní hranicí k.ú. Ivanovice.

Občanská vybavenost, která je v mnoha případech hlavním kritériem při rozhodování pro bydlení v dané lokalitě, je zde velmi dobrá. V Ivanovicích se nachází obchodní centrum s hypermarketem a velkým počtem obchodů a služeb, dále restaurační zařízení, hobby market, čerpací stanice, pošta, ordinace praktického lékaře, školka, park a různá sportoviště.

4. VÝVOJ VÝSTAVBY DANÉ LOKALITY V LETECH 2000-2021

4.1 Nově vzniklé ulice

Městská část Brno – Ivanovice prošla v posledních letech velkou proměnou z hlediska rozvoje nové výstavby, a to zejména rodinných domů. V souvislosti s rozvojem výstavby vzniklo v této lokalitě poměrně velké množství nových ulic např.:

- Milonická – název odvozen od názvu obce Milonice ležící severně od Brna (název schválen v roce 2018)
- Na Rybízárně – název ulice je odvozen podle názvu chatové oblasti Rybízárna, která se v těchto místech dříve nacházela (název schválen v roce 2017),

- Lažanská – název je odvozen podle obce Lažany ležící severně od Brna (název schválen v roce 2017),
- U Křížku – název odvozen podle kamenného křížku nacházejícího se v blízkosti této oblasti, věnovaného občany Ivanovic na památku ukončení 2. světové války (název schválen v roce 2010),
- Hřebíčková – název odvozen podle rostliny (název schválen v roce 2004, prodloužení stávající ulice schváleno v roce 2014),
- Meduňková - název odvozen podle rostliny (název schválen v roce 2004),
- Jižní svahy – název odvozen podle charakteru terénu (název schválen v roce 2004),
- V Kolíbkách – název odvozen podle názvu místní tratě (název schválen v roce 2002),
- Fedrova – název odvozen podle Vojtěcha Fedra, 1881-1962, řídicího učitele v Ivanovicích, který přispěl k prohloubení kulturního života v Ivanovicích (název schválen v roce 2000),
- Ivanovických legionářů – název odvozen od věnování všem zesnulým legionářům, rodákům z Ivanovic (název schválen v roce 2000),
- Weighartova – název odvozen od Roberta Weigharta, 1859-1940, řídicího učitele v Ivanovicích, zakladatele obecní kroniky, propagátora národního sebevědomí (název schválen v roce 2000). [2]

Dle statistických údajů v katastru nemovitostí se v současné době v k. ú. Ivanovice nachází 580 rodinných domů s přiděleným č. popisným a 4 bytové domy s přiděleným č. popisným. [3]

4.2 Územní plán města Brna

Pro město Brno v současné době stále platí Územní plán města Brna (dale jen “ÚPmB”) schválený již v roce 1994. ÚPmB určuje kde mohou vznikat nové domy, ulice a čtvrti, které plochy jsou určeny k využití pro bydlení, komerci nebo stavby veřejného vybavení nebo naopak, které plochy jsou chráněny pro parky, lesy a zemědělství.

“Územní plán je závazný pro pořízení a vydání regulačních plánů zastupitelstvem obce a pro rozhodování v území, zejména pro vydávání územních rozhodnutí.” [4]

Dle výkresů ÚPmB a Regulativů ÚPmB pro uspořádání území [5] vyplývají pro oblast nově vzniklých ulic a s tím související výstavbu rezidenčních nemovitostí v této lokalitě následující podmínky:

- ulice V Kolíbkách, Fedrova, část ulice Weighartova jsou součástí stabilizované funkční plochy bydlení s podrobnějším účelem využití stanoveným funkčním typem plochy čistého bydlení BC,
- ulice U Křížku, část ulice V Kolíbkách, Na Rybízárně jsou součástí návrhové funkční plochy bydlení s podrobnějším účelem využití stanoveným funkčním typem plochy čistého bydlení BC s indexem podlažní plochy 0,4,
- ulice Lažanská, část ulice Weighartova je součástí návrhové funkční plochy bydlení s podrobnějším účelem využití stanoveným funkčním typem plochy čistého bydlení BC s indexem podlažní plochy 1,
- ulice Meduňková, Hřebíčková a Jižní svahy jsou součástí návrhové funkční plochy bydlení s podrobnějším účelem využití stanoveným funkčním typem plochy všeobecného bydlení BO s indexem podlažní plochy 0,4,
- ulice Milonická je součástí návrhové funkční plochy bydlení s podrobnějším účelem využití stanoveným funkčním typem plochy všeobecného bydlení BO s indexem podlažní plochy 1,
- ulice Ivanovických legionářů je součástí stabilizované funkční plochy bydlení s podrobnějším účelem využití stanoveným funkčním typem plochy všeobecného bydlení BO.

Dle ÚPmB se plochou stabilizovanou rozumí *“díleč část území, ve kterém se stávající účel a intenzita využití nebude zásadně měnit. Za změnu se přitom nepovažuje modernizace, revitalizace a přestavba území za dodržení charakteru zástavby a indexu podlažní plochy, zástavba proluk a dostavba uvnitř stávajících areálů. Plochou návrhovou se pak rozumí díleč část území, ve které se předpokládá změna účelu nebo intenzity využití.” [5]*

Plocha čistého bydlení BC znamená, že *„tyto plochy slouží pro bydlení (podíl hrubé podlažní plochy bydlení je větší než 80 %) pokud objekty v této ploše tvoří blokovou strukturu, požaduje se využití vnitrobloku pouze pro každodenní rekreaci zde bydlících obyvatel (tj. především pro zeleň a hřiště); tímto požadavkem se nevylučuje možnost umístění podzemních garáží pod terénem vnitrobloku za podmínky, že příjezd do těchto garáží nezhorší pohodu bydlení a nadzemní část vnitrobloku bude využívána, jak je výše požadováno. Přípustné jsou savby pro bydlení (včetně domů s pečovatelskou službou) a jako jejich součást (pokud 80 % hrubé podlažní plochy objektu bude sloužit bydlení) také obchody a nerušící provozovny služeb sloužící denním potřebám obyvatel předmětného území, jednotlivá zařízení administrativy. Podmíněně mohou být přípustné i jako monofunkční objekty (tj. bez ohledu na procentuální skladbu funkcí umístěných v objektu – za podmínky, že se svým objemem nevyvíkají charakteru budov v lokalitě): malá ubytovací zařízení do 45 lůžek za podmínky, že odstavování vozidel lze řešit v plném rozsahu na vlastním pozemku nebo v docházkové vzdálenosti (200–300 m) mimo veřejná prostranství, nerušící provozovny obchodu, veřejného stravování*

a služeb, sloužící denní potřebě obyvatel předmětného území (ve smyslu výkladu pojmů uvedeného na začátku textu Regulativy pro uspořádání území), stavby pro kulturní, sociální, zdravotnické, školské a sportovní účely včetně středisek pro mimoškolní činnost za podmínky, že jejich provoz (dopravní napojení, odstavování vozidel, frekvence využívání zařízení) nenaruší obytnou pohodu v lokalitě.“ [5]

Plocha všeobecného bydlení BO znamená, že “zde jsou přípustné stavby pro bydlení (včetně domů s pečovatelskou službou) a jako jejich součást (pokud 60 % podlažní plochy objektu bude sloužit bydlení), také obchody, provozovny veřejného stravování a nerušící provozovny služeb, které slouží pro potřebu obyvatel přilehlého území, jednotlivá zařízení administrativy, i jako monofunkční objekty: služebny městské policie, jednotlivá zařízení pro církevní, kulturní, sociální, zdravotnické, školské a sportovní účely včetně středisek mládeže pro mimoškolní činnost a center pohybových aktivit. Podmíněně mohou být přípustné i jako monofunkční objekty (tj. bez ohledu na procentuální skladbu funkcí umístěných v objektu za podmínky, že se svým objemem nevymykají charakteru budov v lokalitě): obchody do velikosti 1000 m² prodejní plochy za podmínky, že bude na povrchu umístěno max. 50 % normou požadovaných parkovacích míst a jejich provoz (zásobování, frekvence využívání obchodů) nenaruší obytnou pohodu v lokalitě, provozovny veřejného stravování za podmínky, že jejich provoz (zásobování, doba provozu, frekvence využívání zařízení) nenaruší obytnou pohodu v lokalitě, nerušící provozovny služeb a nerušící provozovny s pracovními příležitostmi (ve smyslu výkladu pojmů uvedeného na začátku textu Regulativy pro uspořádání území), ubytovací zařízení za podmínky, že odstavování vozidel lze řešit v plném rozsahu na vlastním pozemku nebo v docházkové vzdálenosti (200–300 m) mimo veřejná prostranství, stavby pro administrativu za podmínky, že jejich provoz (dopravní obsluha, parkování a frekvence návštěv) nenaruší obytnou pohodu v lokalitě, za hradnictví za podmínky, že jejich pěstební procesy a dopravní obsluha nenaruší životní prostředí a obytnou pohodu v lokalitě.“ [5]

Jelikož se od roku 1994, kdy byl ÚPmB schválený, výrazně změnily společenské, ekonomické i demografické podmínky, Zastupitelstvo města Brna schválilo záměr pořídit pro město Brno nový územní plán tak, aby se mohlo dále rozvíjet a současně byly stanoveny podmínky a pravidla dalšího rozvoje.

Podle zák. č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), končí platnost stávajících územních plánů 31. 12. 2022. V současné době je zveřejněn upravený návrh nového územního plánu k možnosti jeho připomínkování. Zpracovatelem nového návrhu územního plánu je Kancelář architekta města Brna, příspěvková organizace. V druhé polovině roku 2022 by měl být dokument nového územního plánu pro město Brno vydán.

„Hlavním cílem nového územního plánu je trvale udržitelný rozvoj a prosperita města Brna. Pro tento cíl je třeba vytvořit v územním plánu podmínky širokou nabídkou rozvojových ploch, návrhem kvalitní dopravní obsluhy území s vazbami na region, vytvořením podmínek pro zlepšení životního prostředí, ochranou přírodních a krajinných hodnot i podporou revitalizace zanedbaných území.“[4]

4.2.1 Ulice U Křížku a V Kolíbkách

Z ulice Příjezdová, po které se přijíždí do centra Ivanovic, jak již samotný název napovídá, vede nově vzniklá ulice V Kolíbkách, ve které předvídá zástavba rodinných dvojdomů s garážemi. V Ulici U Křížku převažuje zástavba řadových domů.



Obr. 2 Ulice U Křížku, vlevo ortofoto z roku 2000, vpravo ortofoto z roku 2021 [6]



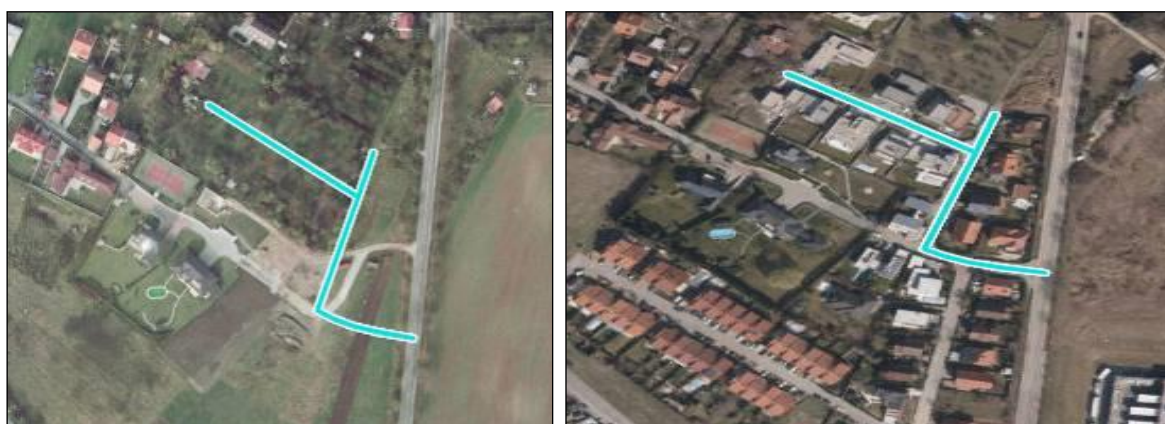
Obr. 3 Ulice V Kolibkáčích, vlevo ortofoto z roku 2000, vpravo ortofoto z roku 2021 [6]

4.2.2 Ulice Meduňková, Hřebíčková, Jižní svahy

Mezi ulicemi Příjezdová a Atriová od roku 2004 nově vznikly ulice Meduňková a Jižní svahy. Nad ulicí Atriová vznikla v roce 2004 ulice Hřebíčková, která byla ještě v roce 2014 prodloužena. Na ulici Jižní svahy se nachází zejména řadová zástavba rodinných domů, ale i samostatně stojící rodinné domy. Na ulici Meduňková a Hřebíčková se nachází zástavba zejména samostatně stojících rodinných domů.



Obr. 4 Ulice Meduňková, vlevo ortofoto z roku 2000, vpravo ortofoto z roku 2021 [6]



Obr. 5 Ulice Hřebíčková, vlevo ortofoto z roku 2000, vpravo ortofoto z roku 2021 [6]



Obr. 6 Ulice Jižní svahy, vlevo ortofoto z roku 2000, vpravo ortofoto z roku 2021 [6]

4.2.3 Ulice Milonická

Nejnovější ulicí v Ivanovicích je v současné době ulice Milonická, jejíž název byl schválen v roce 2018, a která je doposud nezastavěná.

Momentálně probíhá výstavba komunikace a inženýrských sítí v této ulici a posléze je zde naplánovaná výstavba rodinných domů.



Obr. 7 ulice Milonická, ortofoto z roku 2021 [6]



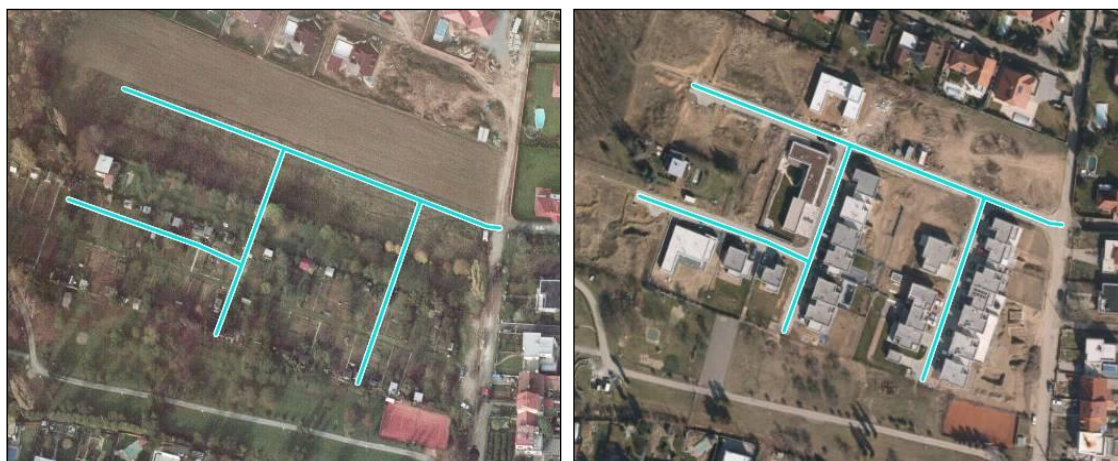
Obr. 8 Probíhající výstavba komunikace a inženýrských sítí – ulice Milonická

4.2.4 Ulice Na Rybízárně

Významnou proměnou prošla chatová oblast nazvaná Rybízárna, která se v místě dnešní ulice Na Rybízárně dříve nacházela.

V této lokalitě – nově vzniklé ulice Na Rybízárně, která navazuje na ulici Hatě, je realizován developerský projekt “Rodinné domy Ivanovice”. Jedná se o soubor komfortních rodinných domů, který zahrnuje 27 nízkoenergetických domů lišících se dle celkové užitné plochy, která se pohybuje od 136 m² do 222 m². Dispoziční řešení rodinných domů je navrženo jako 4+kk nebo 5+kk. Ke všem variantám domů jsou k dispozici dvě dlážděná parkovací stání, k některým variantám domů navíc garáž pro dva osobní automobily. [7]

Tato lokalita navazuje na přírodní park Baba a je propojena také s městským parkem Hatě, který je v současné době rekonstruován.



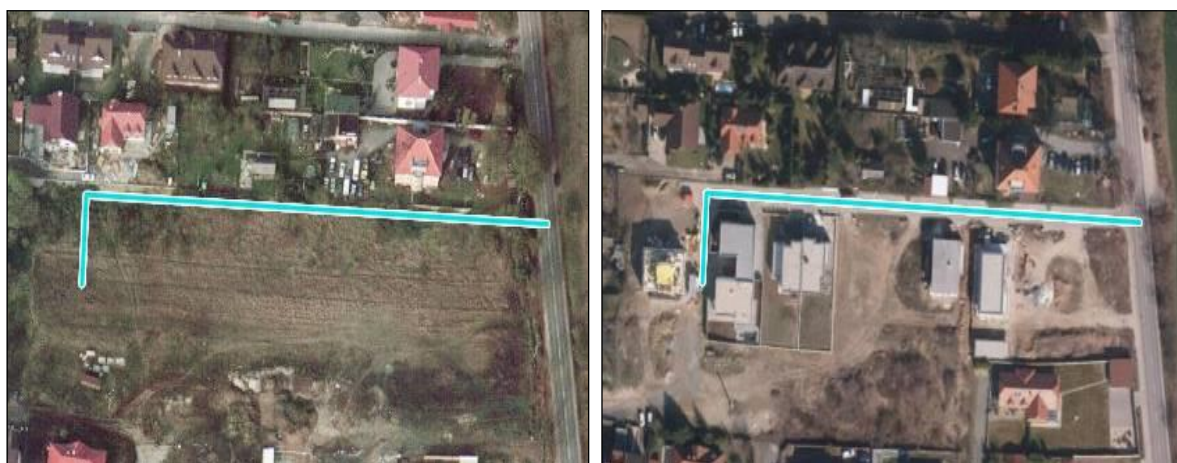
Obr. 9 Ulice Na Rybízárně, vlevo ortofoto z roku 2000, vpravo ortofoto z roku 2021 [6]



Obr. 10 Část ulice Na Rybízárně, nová zástavba rodinných domů

4.2.5 Ulice Lažanská

Novou výstavbou také prochází ulice Lažanská, která z jedné strany navazuje na ulici Hatě a ze strany druhé na ulici Černožorská. V současné době se zde staví zejména samostatně stojící rodinné domy.



Obr. 11 Ulice Lažanská, vlevo ortofoto z roku 2000, vpravo ortofoto z roku 2021 [6]

5. ZÁVĚR

V posledních letech prošla výstavba v této lokalitě velkým rozvojem zejména ve výstavbě rezidenčních nemovitostí v souladu s podmínkami využití území dle ÚPmB. Dokazuje to i skutečnost, že od roku 2000 vzniklo v této lokalitě 11 nových ulic s novou výstavbou rodinných domů. V současné době se v k. ú. Ivanovice stále ještě nachází poměrně velké množství nezastavěných pozemků, na kterých lze dle ÚPmB umístit stavby pro bydlení. V souvislosti s projednáváním návrhu nového územního plánu lze navíc očekávat změnu využití některých ploch pozemků, které dle ÚPmB momentálně nejsou určeny k zastavění, na pozemky určené k nové výstavbě. Vývoj výstavby v Brně Ivanovicích je důkazem atraktivnosti lokality.

Literatura

- [1] <https://www.mcivanovice.cz/historie/>
- [2] <https://www.brno.cz/obcan/ulice-ve-meste-brne/nove-ulice>

- [3] <https://www.cuzk.cz>
- [4] <https://upmb.brno.cz>
- [5] Vyhl. č. 2/2004 o závazných částech Územního plánu města Brna ve znění pozdějších předpisů
- [6] <https://gis.brno.cz/mapa/historicka-ortofota>
- [7] <https://www.svoboda-williams.com/prodej/developerske-projekty/detail/22303-hate>
- [8] <https://mapy.cz/>

Recenzoval

Vítězslava Hlavinková, Ing., Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Purkyňova 464/118, 541 148 936, vitezslava.hlavinkova@usi.vutbr.cz

KRITÉRIA PRO OCENĚNÍ NEMOVITÝCH KULTURNÍCH PAMÁTEK S REZIDENČNÍ FUNKCÍ

THE CRITERIA FOR VALUATION OF THE REAL ESTATE CULTURAL MONUMENTS WITH RESIDENTIAL FUNCTION

Martina Vařechová¹, David Brandejs²

Abstrakt

Nemovité kulturní památky jsou jedinečné stavby, které zvyšují význam dané lokality. S ohledem na absenci ujasněných přístupů a metod ke stanovení jejich hodnoty se autoři příspěvku zabývali hledáním sofistikovaného náhledu a citlivějšího přístupu k ocenění nemovitých kulturních památek. Výzkum se zaměřil na nemovité kulturní památky s rezidenční funkcí, nacházející se ve statutárním městě Brně, které je kulturním a historickým centrem střední Evropy včetně významné památky zapsané do seznamu světového dědictví UNESCO – vily Tugendhat. Při sběru dat byly využity korektní podklady, a to zejména z Památkového katalogu Národního památkového ústavu, Českého úřadu zeměměřického a katastrálního, Českého statistického úřadu. Pro naplnění cíle výzkumu bylo třeba vybrat dostatečně početnou skupinu nemovitostí se stejným využitím, z nichž část je památkově chráněna a část nikoliv. Bylo zkoumáno všech 48 brněnských katastrálních území. Pro zohlednění kvalitativních parametrů nemovité kulturní památky s možnou bytovou funkcí bylo provedeno srovnání s hodnotou obdobných staveb bez kulturního významu. Ke kvantifikaci nemateriálních faktorů, které jsou součástí hodnoty kulturních památek, bude využita hedonická metoda.

Abstract

Immovable cultural monuments are unique buildings that increase the importance of a given locality. With regard to the absence of clarified approaches and methods for determining their value, the authors looked for a sophisticated view and a more sensitive approach to the valuation of immovable cultural monuments. The research focused on immovable cultural monuments with a residential function the center of Central Europe, including an important monument inscribed on the UNESCO World Heritage List – Villa Tugendhat. Correct data were used in data collection, especially from the Monument Catalog of the National Monuments Institute, the Czech Surveying and Cadastral Office, and the Czech Statistical Office. To meet the goal of the research, it was necessary to select a sufficiently large group of properties with the same use, some of which are listed, and some are not. All 48 Brno cadastral areas were examined. In order to take into account, the qualitative parameters of an immovable cultural monument with a possible housing function, a comparison was made with the value of similar buildings without cultural significance. The hedonic method will be used to quantify intangible factors that are part of the value of cultural monuments.

Klíčová slova

Nemovité kulturní památky; ocenění; hodnota; hedonická metoda.

Keywords

Real estate cultural monuments; valuation; value; hedonic method.

1. ÚVOD

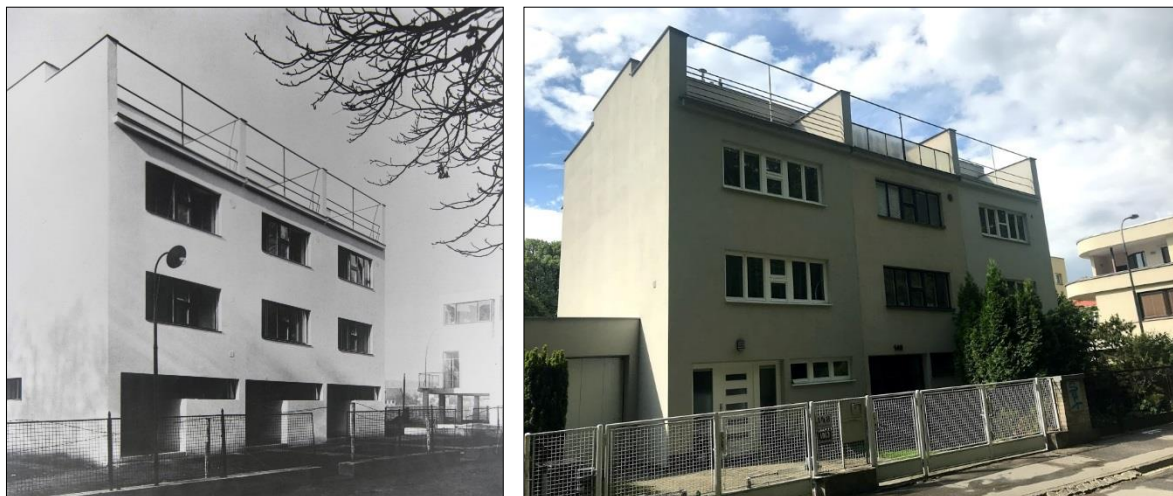
Nemovité kulturní památky spoluvytváří národní identitu a jsou neodlučitelnou součástí našeho kulturního dědictví. Tvoří výrazné prvky našeho životního prostředí a zachovávají svědectví naší historie. Soudobé trendy oceňování nemovitých kulturních památek zohledňují multidisciplinární přístup k problematice životního prostředí pro člověka. [1] Mnohé používané oceňovací nástroje v současnosti se ukázaly ve znalecké expertní praxi jako nedostatečně průkazné a neefektivní.

Ocenění nemovité kulturní památky je vždy specifický případ, a proto vyžaduje individuální přístup, který přihlíží k mnoha různým cenotvorným faktorům působících na současnou obchodovatelnou hodnotu oceňované nemovité věci. Tento individuální přístup má svá omezení a musí splňovat určité základní podmínky, např. komplexnost nestranného ocenění, kontrolovatelnost a volba vhodných informačních zdrojů a metodických

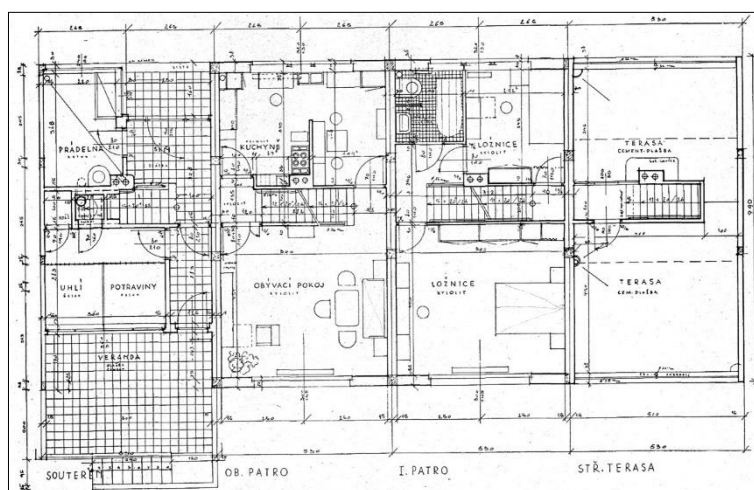
¹ Martina Vařechová, Ing., ÚSI VUT v Brně, Purkyňova 464/118, Brno; tel.: 541 148 938, e-mail: martina.varechova@usi.vutbr.cz

² David Brandejs, Ing., ÚSI VUT v Brně, Purkyňova 464/118, Brno; tel.: 541 148 938, e-mail: david.brandejs@usi.vutbr.cz

postupů. Obdobně jako u jiných druhů majetku, tak i u nemovitých kulturních památek v současnosti nelze pokládat žádnou z existujících metod pro určení jejich hodnoty za jednoznačně platnou či exaktní; proto je nutné vždy výsledky jednotlivých oceňovacích metod vzájemně korigovat, ale i porovnávat s jinými obdobnými případy.



Obr. 1 Trojdom na ul. Šmejkalova 1015, 1014, 1013 v Brně – Žabovřeskách od arch Jaroslava Grunta, vlevo snímek z roku 1928 (zdroj: www.bam.cz) [2], v pravo snímek ze současnosti (zdroj: vlastní)



Obr. 2 Původní půdorysy jednoho z trojdomu na ul. Šmejkalova 1015, 1014, 1013 v Brně – Žabovřeskách (zdroj: www.bam.cz) [3]

2. POPIS METODY

Vedle klasických metod používaných k ocenění nemovitostí lze využít i hedonickou metodu, která se uplatňuje při hodnocení environmentálních externalit a využívá skutečných trhů.

Historicky je hedonické ocenění jednou z nejdéle užívaných metod k měření reakcí chování spotřebitelů na ztrátu či změnu kvalitativních parametrů daného statku. Tato metoda předpokládá, že dekompozice ceny statku umožňuje ocenit každou z jeho charakteristických vlastností zvlášť.

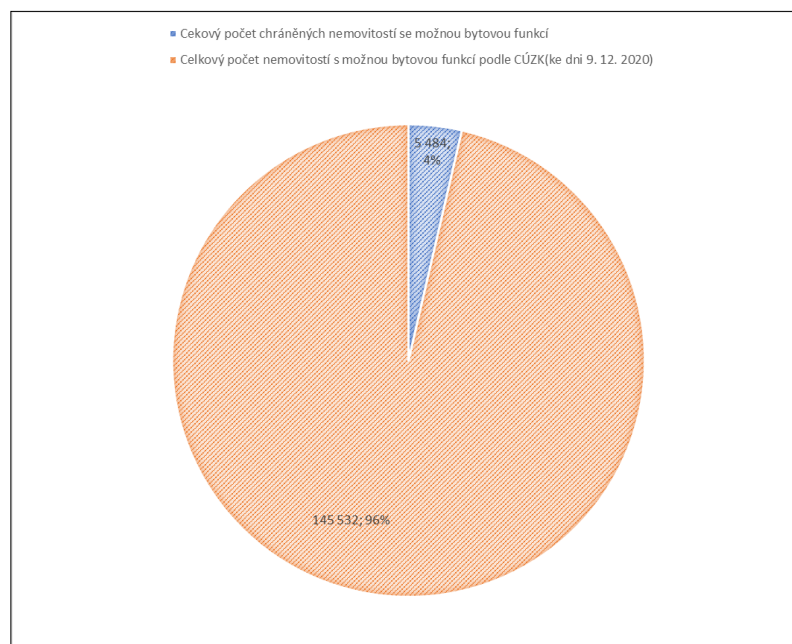
Nejklasičtější a nejvíce frekventovaným příkladem je trh s nemovitostmi, kde jako jeden z faktorů, jež ovlivňují cenu nemovitosti, vystupují škody na životním prostředí (např. vysoký stupeň znečištění ovzduší v dané lokalitě, vysoká hladina hluku apod.) Jsou-li ostatní podmínky identické, je možno předpokládat, že tržní cena nemovitosti bude v lokalitách s vyšší kvalitou životního prostředí vyšší.

Dalším předpokladem pro úspěšné využití hedonického ocenění ve sféře životního prostředí je vysoký stupeň ekologické uvědomělosti potenciálních zájemců o nemovitosti a jejich aktivní přístup k eliminaci negativních dopadů znečištěného prostředí. [4]

Hedonická metoda, která vychází z databází, kdy kromě cen je uvedeno několik cenotvorných parametrů, které se v rámci regresivní analýzy zkoumají, byla použita např. při ocenění kulturního dědictví v kontextu trhu městského bydlení v Zaanstadu v Holandsku (Tržní hodnota seznamu dědictví: městské hospodářské využití prostorových hedonické ceny, Faroek Lazrak, Petr Nijkamp, Piet Rietveld, Jan Rouwendal, 2011 - 2017). [5]

3. SBĚR DAT A JEJICH ANALÝZA

Bylo zkoumáno všech 48 brněnských katastrálních území. Předmětem zkoumání byly nemovité kulturní památky s možnou bytovou funkcí, konkrétně rodinné domy, bytové domy a bytové jednotky. Pro zohlednění kvalitativních parametrů nemovité kulturní památky s možnou bytovou funkcí bylo provedeno srovnání s hodnotou obdobných staveb bez kulturního významu.



Graf 1 Počet nemovitých kulturních památek s možnou bytovou funkcí z celkového počtu nemovitostí s možnou bytovou funkcí v Brně

Do seznamu zkoumaných objektů byly zahrnuty památkově chráněné rodinné domy a bytové domy, které jsou v Památkovém katalogu vedeny pod katalogovým číslem. Počet zkoumaných bytových jednotek byl přesně určen až z nahlížení do katastru nemovitostí. Do výběru zkoumaných nemovitostí nebyly zahrnuty rodinné domy a bytové domy, které nejsou v Památkovém katalogu vedeny pod katalogovým číslem, ale nacházejí se v památkové rezervaci, památkové zóně nebo v jiném památkovém ochranném pásmu. Bylo zjištěno, že nemovité kulturní památky zkoumaného typu se nachází ve 22 brněnských katastrálních územích. Celkem bylo vyhledáno 5 484 památkově chráněných nemovitostí, z toho 524 rodinných domů, 469 bytových domů a 4 491 bytových jednotek. Největší počet památkově chráněných rodinných domů byl nalezen v katastrálním území Stránice (90 objektů). Největší počet památkově chráněných bytových domů byl zjištěn v katastrálním území Veverí (147 objektů). Největší četnost památkově chráněných bytových jednotek byla zjištěna v katastrálním území Veverí (1 258 objektů). Viz tabulka č. 1

Tab. 1 Údaje o počtu památkově chráněných nemovitostí v Brně

Poř. č.	Katastrální území	Celkový počet památkově chráněných nemovitostí			Památkově chráněné nemovitosti zobchodované v období 2014 až 2020		
		RD/Vila/objekt k bydlení	Byt. dům	Byt. jednotka	RD/Vila/objekt k bydlení	Byt. dům	Byt. jednotka
1	Bohunice	0	0	0	0	0	0
2	Bosonohy	0	0	0	0	0	0
3	Brněnské Ivanovice	1	0	0	1	0	0
4	Bystrc	0	0	0	0	0	0
5	Černá Pole	30	64	438	2	2	56
6	Černovice	0	0	0	0	0	0
7	Dolní Heršpice	0	0	0	0	0	0
8	Dvorská	0	0	0	0	0	0
9	Holásky	0	0	0	0	0	0
10	Horní Heršpice	0	1	16	0	0	0

11	Husovice	16	4	34	3	0	0
12	Chrlice	0	0	0	0	0	0
13	Ivanovice	2	0	0	0	0	0
14	Jehnice	0	0	0	0	0	0
15	Jundrov	2	0	0	0	0	0
16	Kníničky	0	0	0	0	0	0
17	Kohoutovice	0	0	0	0	0	0
18	Komárov	0	0	0	0	0	0
19	Komín	0	0	0	0	0	0
20	Královo Pole	37	22	135	3	1	28
21	Lesná	42	0	0	3	0	0
22	Líšeň	4	0	0	0	0	0
23	Maloměřice	0	0	0	0	0	0
24	Medlánky	0	0	0	0	0	0
25	Město Brno	0	74	347	0	10	10
26	Mokrá Hora	0	0	0	0	0	0
27	Nový Lískovec	13	0	0	2	0	0
28	Obřany	2	0	0	0	0	0
29	Ořešín	0	0	0	0	0	0
30	Pisárky	69	7	39	1	1	3
31	Ponava	33	14	259	3	1	46
32	Přížrenice	0	0	0	0	0	0
33	Řečkovice	26	0	0	1	0	0
34	Sadová	0	0	0	0	0	0
35	Slatina	0	0	0	0	0	0
36	Soběšice	0	0	0	0	0	0
37	Staré Brno	48	63	765	3	1	136
38	Starý Lískovec	0	0	0	0	0	0
39	Stránice	90	9	88	4	0	26
40	Štýřice	34	19	444	2	0	19
41	Trnitá	0	3	33	0	0	8
42	Tuřany	0	0	0	0	0	0
43	Útěchov u Brna	0	0	0	0	0	0
44	Veveří	1	147	1 258	0	8	240
45	Zábrdovice	26	29	524	3	4	233
46	Žabovřesky	48	13	111	7	0	12
47	Žebětín	0	0	0	0	0	0
48	Židenice	0	0	0	0	0	0
Celkem		524	469	4 491	38	28	817

V nahlížení do KN bylo porovnáním zjištěno, jestli s danou nemovitou kulturní památkou s možnou bytovou funkcí nebylo obchodováno v období od roku 2014 do roku 2021. Na základě nalezených záznamů o vkladu řízení byly na katastrálním úřadu vyžádány cenové údaje, ze kterých byly sestaveny databáze. Vytvořená databáze se sjednanými cenami za památkově chráněné rodinné domy obsahovala 28 prvků z 11 katastrálních území a databáze se sjednanými cenami za památkově chráněné bytové domy obsahovala 49 prvků v 9 katastrálních územích. Vzhledem k malému časovému prostoru a omezeném rozpočtu byl původní počet nalezených zobchodovaných bytových jednotek (817 prvků ve 12 katastrálních územích) zredukován a databáze se sjednanými cenami za památkově chráněné bytové jednotky byla vytvořena ze 172 prvků ze 3 katastrálních území. Největší počet zobchodovaných zkoumaných rodinných domů se vyskytl v katastrálním území Žabovřesky (7 objektů), zkoumaných bytových domů v katastrálním území Město Brno (11 objektů) a zkoumaných bytových jednotek bylo nejvíce v katastrálním území Veverí (87 objektů). Viz tabulka č. 1.

Databáze s cenovými údaji k památkově chráněným nemovitostem obsahovaly čísla a data vkladů, katastrální území, adresy objektů včetně popisného čísla, parcelní čísla, číslo bytové jednotky, zastavěnou a podlahovou plochu, výměru pozemků v JFC a počet podlaží. Cenové údaje k jednotlivým nemovitostem byly přepočteny na cenovou úroveň 4/Q roku 2020 s použitím časové řady HB INDEXU pro rodinné domy a byty.

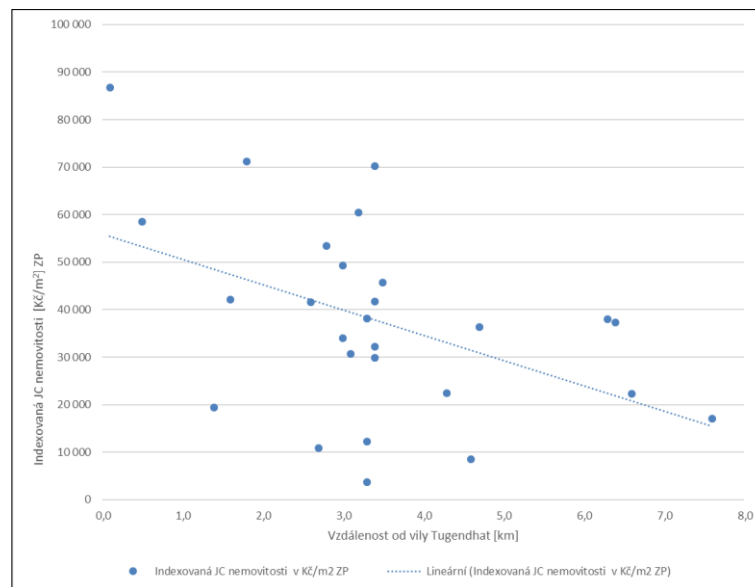
Průměrná jednotková cena za zastavěnou plochu památkově chráněného rodinného domu ze zkoumaných katastrálních území činila 41 324 Kč/m², za zastavěnou plochu památkově chráněného bytového domu ze zkoumaných katastrálních území byla vypočtena 15 989 Kč/m². Průměrná jednotková cena za podlahovou plochu památkově chráněné bytové jednotky činila 64 401 Kč/m².

Pro srovnání hodnoty nemovité kulturní památky s možnou bytovou funkcí bylo vytipováno celkem 1 619 obdobných staveb bez kulturního významu (837 rodinných domů ze 14 katastrálních území, 160 bytových domů z 10 katastrálních území a 622 bytových jednotek z 11 katastrálních území). K výše uvedeným nemovitostem byly z katastru nemovitostí získány cenové údaje z kupních smluv.

Vzhledem k velkému množství dat a k omezenému času pro jejich sběr a zpracování byla zatím yhodnocena databáze sjednaných cen rodinných domů bez památkové ochrany v katastrálním území Žabovřesky. Ze 196 prvků databáze byla vypočtena průměrná jednotková cena za zastavěnou plochu rodinného domu bez památkové ochrany 20 705 Kč/m². Ve stejném katastrálním území průměrná jednotková cena za zastavěnou plochu památkově chráněného rodinného domu činila 35 814 Kč/m². Jak vyplývá z prvních analýz, je cena památkově chráněného rodinného domu významně (o 57,81%) vyšší než cena obdobné nemovitosti bez památkové ochrany ve stejné lokalitě. Tento trend je třeba potvrdit dokončenou analýzou všech získaných dat a podkladů.

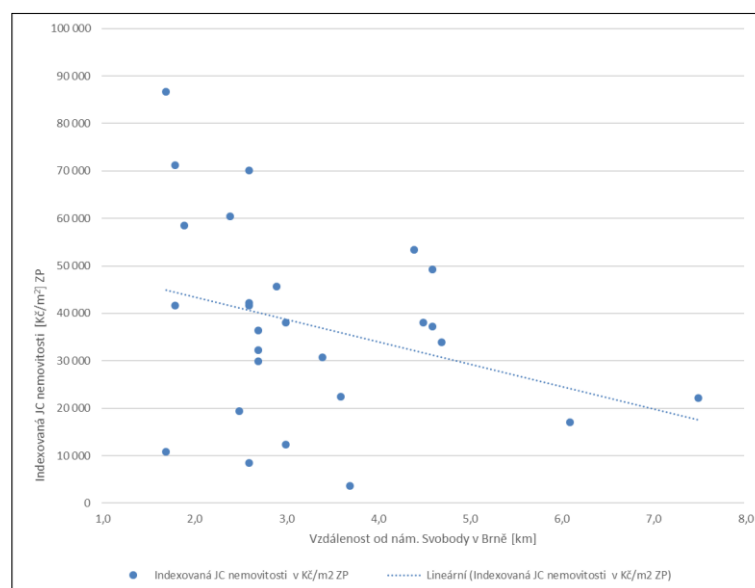
Dále byla zkoumána závislost ceny jednotlivých typů nemovitostí na vzdálenosti středu města Brna nám. Svobody, a od vily Tugendhat, na architektonickém slohu a na stáří objektu.

Zkoumaná závislost vlivu vzdálenosti od centra města a vzdálenosti od vily Tugendhat se projevila nejvýznamněji u památkově chráněných rodinných domů. Viz Graf 2 a 3.



Graf 2 Závislost JC NKP rodinných domů na vzdálenosti od vily Tugendhat

Čím byla nemovitost vzdálenější od středu města, tím byla jednotková cena památkově chráněných rodinných domů nižší.



Graf 3 Závislost JC NKP rodinných domů na vzdálenosti od nám. Svobody v Brně

Analýza získaných dat, zkoumání dalších uvedených závislostí a zjišťování přidané hodnoty nemovité kulturní památky s možnou bytovou funkcí, vzhledem k časové náročnosti a k pandemickým opatřením, kdy je omezen přístup na katastrální úřad, stále probíhá a výsledky budou postupně zveřejňovány v příspěvcích.

4. ZÁVĚR

V první etapě byl zpracován přehled relevantních podkladů a údajů pro další řešení, ověření platnosti provedené literární rešerše pro návrh projektu a konzultace s odborníky. Jedná se o novou problematiku málo zahrnutou v normativních dokumentech, proto příprava realizace výzkumu byla časově velmi náročná.

Z prvotních poznatků výzkumu vyplývá, že si zájemce o koupi nemovité kulturní památky s možnou bytovou funkcí uvědomuje její výjimečnost jako přidanou hodnotu a je za ni ochoten zaplatit. Tento přístup je zřejmý i z pilotního rozhovoru, který autoři vedli s vlastníkem památkově chráněného rodinného domu v Brně – Žabovřeskách. Z rozhovoru je patrné, že si majitel, a to i přes problémy, které vznikly při jednání s úředníky Památkového úřadu při rekonstrukci nemovitosti, plně uvědomuje význam památkově chráněných nemovitostí, jejich vlivu na okolí a usiluje o zachování kulturního a architektonického dědictví v daném regionu.

Cíl výzkumu byl naplněn zatím jen částečně, jsou průběžně prováděny analýzy dat a probíhá kategorizace jednotlivých nemovitých kulturních památek. Souběžně s tím bude využita i hedonická metoda, která v rámci regresivní analýzy umožní najít a kvantifikovat i nemateriální faktory.

5. PODĚKOVÁNÍ

Finanční prostředky použité na zpracování příspěvku byly čerpány ze specifického vysokoškolského výzkumu na VUT v Brně, registrovaného na VUT pod číslem ÚSI-J-20-6515.

Literatura

- [1] SCHMEIDLER, K. Sociologie v architektonické a urbanistické tvorbě. 2. vyd. Brno: 2001. Ing. ZDENĚK NOVOTNÝ CSc. ISBN 80-238-6582-X
- [2] Kolonie Nový dům | Objekty | Brněnský architektonický manuál – průvodce brněnskou architekturou. Brněnský architektonický manuál – průvodce brněnskou architekturou [online]. Copyright © 2020 [cit. 26.05.2020]. Dostupné z: <https://www.bam.brno.cz/objekt/c185-kolonie-novy-dum>
- [3] Brněnský architektonický manuál. [online]. www.bam.brno.cz, [cit. 2019-4-3]. Dostupné z <https://www.bam.brno.cz/clanek/o-projektu/405>
- [4] <http://is.muni.cz> > jaro2005 > PVHVP > ocenovani_nehm_ext
- [5] NAVRUD, Stále, READY, Richard C. Valuing Cultural Heritage. Cheltenham: Edward Elgar Publishing. Rok 2002. 280. ISBN 1- 84064-079-0.

Recenzoval

Vítězslava Hlavinková, Ing. Ph.D., ÚSI VUT v Brně, odborný pracovník, Purkyňova 464/118, Brno, tel.: 541 148 936, vitezslava.hlavinkova@usi.vutbr.cz

KONFERENCE SE KONÁ ZA PODPORY
PARTNERŮ:

